

## INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

## CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

25X1

COUNTRY East Germany

REPORT

SUBJECT East German Technical Aviation  
Magazine, Deutsche Flugtechnik,  
Volume 8, August 1958

DATE DISTR.

25 JAN 1959

NO. PAGES 1

REFERENCES

DATE OF  
INFO.PLACE &  
DATE ACQ.

25X1

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

East German technical

25X1

aviation magazine, Deutsche Flugtechnik, published by the VVB Flugzeugbau  
(Association of Nationalized Aircraft Construction Enterprises), Volume 8,  
August 1958. The magazine contains the following articles:

1. "Work Norms as the Decisive Element of the Technological Process"  
by R. Geist
2. "Stability (Festigkeit) Problems of Modern Aircraft Construction"  
by W. Guenther
3. "Flight Simulator P CK 55" (Czech manufacture), by H. Ahner
4. "Stability Problems in Steel Transmissions, Part I" by R. Schmidt
5. "Error Sources and Aids for Government Tensile Strength Tests on  
Metallic Materials", by A. Dannenberg
6. "The Czech Short and Medium Distance Airplane Avia II 14-32"  
by H.-K. Lepitre
7. "Patent Safeguards in the Nationalized Economy" by E. Krause.

Other items of interest to technical aviation personnel, such as book  
reviews, are also included.

The document is unclassified when detached.

25X1

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

25X1

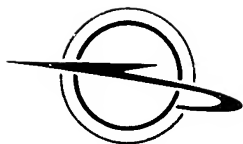
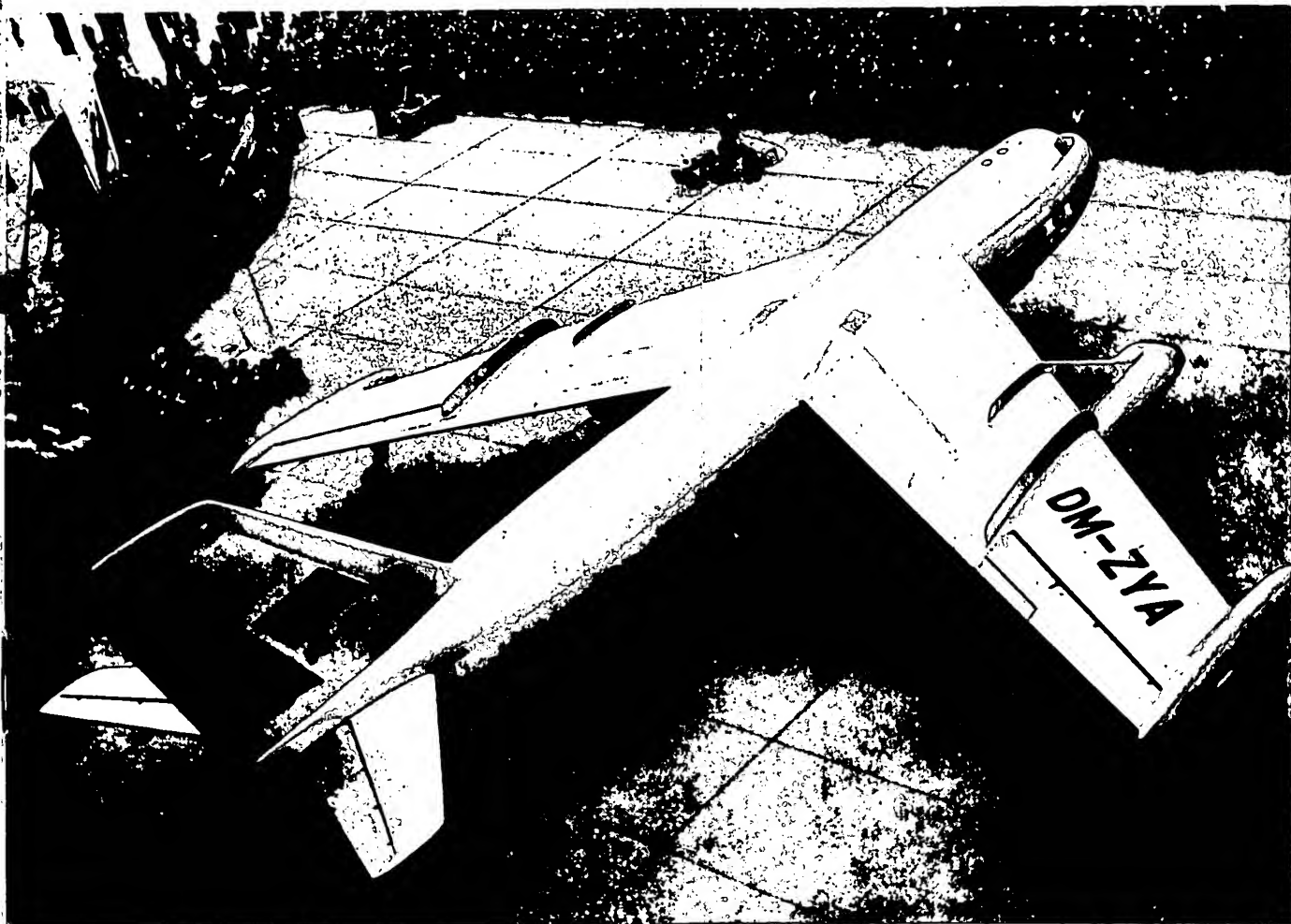
STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC									
(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)																			

## INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

Heftpreis  
1.20 DM  
STAT

# *Deutsche flugtechnik*

HERAUSGEBER: VVB FLUGZEUGBAU



2. JAHRGANG · POSTVERLAGSORT HALLE

8 | 1958

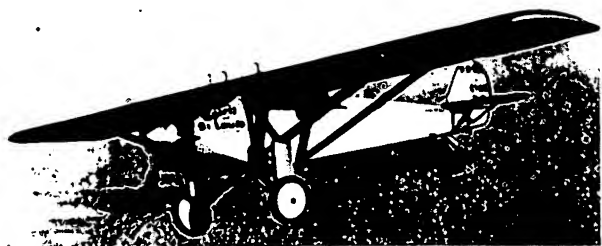
## Luffahrt in der Vergangenheit

DK 656,7(091)

### New York—Paris im Ohnehaltflug

Acht Jahre vergingen nach dem denkwürdigen Flug von *Alcock und Brown*, ehe es zur zweiten Atlantiküberquerung im Nonstopflug kam. In diesen Jahren hatte die Flugtechnik bedeutende technische Fortschritte erzielt. Die Flugzeugzellen waren durch die Anwendung der Gemischt- und Ganzmetallbauweise leichter und fester geworden, die Flugmotoren zeichneten sich durch eine hohe Betriebssicherheit aus. So konnten die Amerikaner *Chamberlin* und *Acosta* im April 1927 den Dauerweltrekord auf 51 Stunden 11 Minuten erhöhen. Dieser Rekord war die Generalprobe für den geplanten Nonstopflug New York—Paris. Mit einer solchen Flugdauer war es bei einer Reisegeschwindigkeit von etwa 150 km/h möglich, die rund 6000 km lange Strecke auch bei ungünstigen Wetterbedingungen zurückzulegen.

Direkte Anregung für diesen Flug war ein 25 000-Dollar-Preis, der schon im Jahre 1919 ausgeschrieben worden war. Mehrere Piloten und Flugzeugfirmen gedachten aus persönlichem Ehr-



*Lindberghs Ryan-Eindecker „Spirit of St. Louis“*

geiz und zugkräftiger Geschäftswerbung diesen Preis zu erringen. Das Jahr 1927 mußte die Entscheidung bringen. Gewinner dieses Preises wurde ein krasser Außenseiter, der zudem noch seine Startvorbereitungen als letzter abgeschlossen hatte: der junge Postflieger *Charles A. Lindbergh*. Er fand in seiner Heimatstadt St. Louis private Geldgeber. Ende Februar 1927 bestellte er bei Ryan in Kalifornien eine Spezialmaschine und überführte sie im Mai bereits nach New York. Das Flugzeug war ein abgestrebter Schulterdecker in Gemischtbauweise mit 14,30 m Spannweite und einem 200 PS Wright-Whirlwind-Motor. Das Abfluggewicht betrug fast 2,4 t, davon kamen 1,25 t auf Kraftstoff und Öl. Da Lindbergh einmotorig und einsitzig den Ozean überqueren wollte, prägte die Presse bald den Begriff vom „liegenden Narren“. Im Vertrauen auf die Zuverlässigkeit des Flugmotors und sein eigenes Können, wagte *Lindbergh* am Morgen des 20. Mai 1927 bei günstigen Wettermeldungen den Start zum Atlantikflug. Der Flug verlief eintönig und ohne besondere Vorkommnisse. Ohne Funkgerät und Sextanten war *Lindbergh* auf eine einfache Koppelnavigation (Kompaßkurs und Flugzeit) angewiesen. Mit etwas Glück erreichte er nach 33 Stunden Flugzeit Paris und wurde durch diesen sensationellen Flug über Nacht weltberühmt. Mehr als 100 000 Menschen hatten sich zu seiner Landung in Le Bourget eingefunden.

*Lindberghs* fliegerischer Erfolg führte ihn in das politische Leben. Hier betätigte er sich im profaschistischen, antisowjetischen Sinne. Er war ein Anhänger jener verwerflichen Konzeption, nach der Deutschland und die Sowjetunion sich zum höheren Nutzen der USA gegenseitig zerfleischen sollten.

Flu K 236 Dipl.-Historiker *Gerhard Wissmann*

## Inhalt

*Geist, R.:*

Die Arbeitsnormen als entscheidendes Element des technologischen Prozesses . . . . . 121

*Günther, W.:*

Festigkeitsprobleme des modernen Flugzeugbaus . . . 124

*Ahner, H.:*

Flugsimulator P CK 55 . . . . . 129

*Schmidt, R.:*

Festigkeitsprobleme an Stahltriebwerken - I. Teil . . 130

*Dannenberg, A.:*

Fehlerquellen und Hilfsmittel für den statischen Zugversuch an metallischen Werkstoffen . . . . . 136

*Lepitř, H.-K.:*

Das tschechoslowakische Kurz- und Mittelstrecken-Verkehrsflugzeug AV1A II 14-32 . . . . . 140

*Krause, E.:*

Patentschutz in der volkseigenen Wirtschaft . . . 141

Leserzuschrift . . . . . 142

Weltluftfahrt . . . . . 143

Buchbesprechungen . . . . . 144

*Unser Titelbild:*

*Strahltriebven-Verkehrsflugzeug 152 war am 1. Mai 1958 hallenfertig*

**Herausgeber:**

VVB Flugzeugbau

**Mit der Herausgabe beauftragt:**

Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel, Dresden S 2, Postfach 10

**Redaktionskollektiv:**

*Oberling, Besinger, Ing. Bonin, Dipl.-Ing. Buchner, Ing. Eberhardt, Dipl.-Ing. Eitner, Dipl.-Ing. Ereding, Dipl. phys. Dr. oec. Geist, Oberling, Griebach, Ing. Hartlepp, Kaufm. Leiter Kellermann, Prof. Landmann, Ing. Lorenzen, Dr.-Ing. Maschek, Oberling, Mindach, Ing. Popscher, Leitender Jurist der HAZI, Siegel*

**Verantwortlicher Redakteur:** Dipl.-Ing. Gk. *Hannes Ape*

**Bezug:**

Die „Deutsche Flugtechnik“ erscheint monatlich im Umfang von 24 Seiten. Bezugspreis vierteljährlich 3,60 DM (bei monatlicher Zahlung 1,20 DM). Bestellungen nehmen alle Postanstalten der DDR, Buchhandlungen, Beauftragte der Zentralen Zeitschriftenwerbung und die Redaktion entgegen. Nachbestellungen können jederzeit aufgegeben werden. Liefermöglichkeit vorbehalten.

**Satz und Druck:**

Im Auftrag des VEB Verlag Technik, Berlin C 2, Oranienburger Straße 13 bis 14, vom VEB Druckerei der Werktätigen in Halle (Saale) übernommen. Genehmigt Min. f. Kultur, HV Verlagswesen, Lizenz-Nr. 4210

Dr. oec. RUDOLF GEIST, Dresden

## Die Arbeitsnormen als entscheidendes Element des technologischen Prozesses

DK 658.516

### Zur technischen Begründung der Arbeitsnormen

Die wichtigste Voraussetzung für die erfolgreiche Planung des Produktionsprozesses, für die dem technologischen Prozeß entsprechende Organisation der Arbeit und des ganzen Betriebs und für die einwandfreie Ermittlung des Arbeitslohns in den sozialistischen Betrieben ist die dem technischen Fortschritt entsprechende Norm.

Technisch begründete Arbeitsnormen kann man nur erhalten, wenn man von der Analyse des Produktionsprozesses ausgeht. Es ist ein schwerwiegender Fehler, den leider heute noch fast alle Normierer begehen, das reine Arbeitselement als die Grundlage der Arbeitsnorm anzusehen. Um die richtige technische Begründung zu erkennen, soll deshalb zuerst auf die notwendige Analyse des Produktionsprozesses eingegangen werden.

Es steht unbestreitbar fest, daß *Karl Marx* als erster den Produktionsprozeß analysierte und dadurch gleichzeitig die Grundlage für die moderne Wissenschaft der Technologie schuf. Er formuliert im Kapital, Band 1, Seite 511:

„Die große Industrie zerriß den Schleier, der den Menschen ihren eigenen gesellschaftlichen Produktionsprozeß versteckte und die verschiedenen naturwüchsig besonderten Produktionszweige gegeneinander und sogar dem in jedem Zweig Eingeweihten zu Rätseln machte. Ihr Prinzip, jeden Produktionsprozeß an und für sich und zunächst ohne alle Rücksicht auf die menschliche Hand in seine konstituierenden Elemente aufzulösen, schuf die ganz moderne Wissenschaft der Technologie. Die buntscheckigen, scheinbar zusammenhanglosen und verknöcherten Gestalten des gesellschaftlichen Produktionsprozesses lösten sich auf in bewußt planmäßige und je nach dem bezweckten Endeffekt systematisch besonderte Anwendungen der Naturwissenschaft.“

Die Technologie entdeckte ebenso die wenigen großen Grundformen der Bewegung, worin alles produktive Tun des menschlichen Körpers trotz aller Mannigfaltigkeit der angewandten Instrumente notwendig vorgeht, ganz so, wie die Mechanik, die durch größte Komplikation der Maschinerie sich über die beständige Wiederholung der einfachen mechanischen Potenzen nicht täuschen läßt.

Die moderne Industrie betrachtet und behandelt die vorhandene Form eines Produktionsprozesses nie als definitiv. Ihre technische Basis ist daher revolutionär, während die aller früheren Produktionsweisen wesentlich konservativ war.“

In dieser Darlegung von *Karl Marx* liegt zugleich eine der Begründungen der Notwendigkeit der technischen Normierung auf der Grundlage des einwandfrei analysierten technolo-

gischen Prozesses. Daher sollen aus dem vorstehenden Zitat die drei wesentlichen Merkmale der Technologie herausgesucht werden, um die Normierung auf fester Basis durchführen zu können.

1. Für die Normierung ist von besonderer Bedeutung, daß als erste Aufgabe der Technologie die Auflösung eines ganzen Produktionsprozesses in seine konstituierenden Elemente vor genommen wird. Die Auflösung vollzieht sich so, daß die gefundenen Elemente die Bausteine zu einem neuen, verbesserten Produktionsprozeß ergeben.
2. Man erkennt, daß die Technologie den Arbeitsprozeß auf die Anwendung der Naturwissenschaft hin untersucht. Daraus entspringt für die Technologie die Aufgabe, die Lösung anzugeben, wie durch die einzelnen technologischen Grundverfahren der bezweckte Produktionsgegenstand hergestellt werden kann.
3. Aus dem oben angeführten Zitat ergibt sich die dritte Aufgabe dadurch, daß die technische Basis unseres Produktionsprozesses nie als feststehend angesehen werden kann. Die Technologie hat daher für die umfassende Weiterentwicklung der Werkzeuge, der Maschinen, der Anlagen, der Produktionsverfahren, der technischen Kenntnisse und Befähigungen der Arbeiter zu sorgen.

Gerade an der Aufgabenstellung der Technologie erkennt man, daß die Normierung vollkommen an den technologischen Prozeß gebunden werden muß. Das wird am Bau eines komplizierten Flugzeugs besonders deutlich, weil die Aufgaben der Technologie nur dann richtig erfüllt werden können, wenn die vielseitigen Aufgaben für den Bau des Flugzeugs miteinander verkettet gelöst werden. Je komplizierter ein Gegenstand ist, um so mehr muß auch die Verkettung der Arbeiten bei der Normierung beachtet werden. Die Normierung ist nicht eine vom technologischen Prozeß losgelöste Tätigkeit, sondern gehört untrennbar zu ihm.

Aus der Definition der Technologie von *Karl Marx* läßt sich erkennen: Die Technologie ist die zerlegende und zugleich aufbauende Methode der Untersuchung eines ganzen technischen Vorgangs, der normiert werden muß.

Es ist ein hohes Verdienst der sowjetischen Wissenschaft, daß die entsprechenden Werke über die Technologie zugleich die Methodik der Arbeitsnormung behandeln. Deshalb ist es erfreulich, wenn die Übersetzungen der Werke „Technologie des Maschinenbaus“ von *Kaschirin* und „Technologie des Werkzeugmaschinenbaus“ von *Balakschin*<sup>1)</sup> zunehmende Ver-

<sup>1)</sup> Beide Werke sind im VEB Verlag Technik erschienen.

breitung unter unseren Technologen und Normierern finden. Dadurch wird wesentlich der bisher enge Standpunkt überwunden, die Normierung losgelöst von der Technologie durchzuführen. Hieraus entspringt die Forderung, in unseren großen Betrieben die Normierung und die Technologie zu vereinen, weil nur dann, wenn die beiden zusammengehörigen Elemente einheitlich bearbeitet werden, gute Erfolge für Technologie und Normierung zu verzeichnen sind.

Da bei uns in der Deutschen Demokratischen Republik noch keine Niederschriften von Normen, geordnet nach dem technologischen Prozeß, in den Industriezweigen vorhanden sind, ist es eine unumgängliche Aufgabe, solche Werke zu schaffen. Dies bedeutet, daß die bisherige Arbeit der Normierer völlig geändert werden muß. Sie müssen von der Methode der gelegentlichen Normierung eines Teils des Arbeitsprozesses abkommen und zur Methode der Normierung des Gesamtprozesses übergehen.

Wenn man über die Technologie spricht, so muß der Technologie des Flugzeugbaus darin die Lehre von den Herstellungsprozessen der Einzelteile, der Baugruppen, der Zelle, der Triebwerke, der Ausrüstung, der Einrichtung, der Versorgungsanlagen, der Geräteausrüstung und deren verknüpfendes Verbinden zum betriebsfähigen und sicheren Flugzeug erkennen. Das ist eine außerordentlich vielseitige Aufgabe, die nur dann erfolgreich gelöst werden kann, wenn alle Kollektive unserer Flugzeug- und Motorenwerke sowie der Gerätewerke mitarbeiten.

*Wie gelangt man nun zu dem Element, für das die Norm festgelegt werden soll?*

Man muß den Produktionsprozeß zur Herstellung des Flugzeugs bis zum letzten Baustein zerlegen. Unter dem Produktionsprozeß versteht man die Gesamtheit aller notwendigen Vorgänge zur Herstellung eines Gegenstandes.

Zum Produktionsprozeß gehören demnach:

- a) die direkten Arbeitsprozesse zur Umwandlung der gelieferten Rohstoffe zu Halbfabrikaten und fertigen Erzeugnissen;
- b) die selbsttätigen Prozesse physikalischer und chemischer Einwirkung (Trocknen, Abbinden, natürliches Entzundern usw.);
- c) die mit der Umwandlung verbundenen Hilfsprozesse (innerbetriebliche Transporte, Werkzeug- und Maschineninstandsetzung, Abrechnung usw.).

Hieraus sieht man, daß dem Normierer ein riesiges Arbeitsgebiet zukommt, das er unter keinen Umständen allein erledigen kann. Man muß daher die Arbeitsnormierung nicht nur als die Aufgabe besonderer Funktionäre, sondern wegen der mannigfaltigen und umfangreichen Arbeiten als Aufgabe der gesamten Gesellschaft ansehen.

Der technologische Prozeß ist ein Teil des Produktionsprozesses. Er bezieht sich nur auf die unter a) und b) genannten Teile des Produktionsprozesses. Man darf hieraus aber nicht folgern, daß die Normierung sich nur auf den technologischen Prozeß bezieht, weil dann der Einfluß der Hilfsarbeiten auf den technologischen Prozeß ungenügend beachtet wird. Gerade der Normierer muß noch mehr als der Technologie den Einfluß gesellschaftlicher Disziplinen berücksichtigen. Der technologische Prozeß ist zwar der wesentliche Teil des Tätigkeitsgebiets für die Normierung und bringt daher die Hauptaufgabe. Die Erfahrung aber lehrt, daß ein auf guten Normen beruhender technologischer Prozeß durch nicht einwandfreie Hilfsprozesse stark beeinträchtigt werden kann.

Das Hauptarbeitsgebiet der Normierung, der technologische Prozeß, kann wegen seiner Kompliziertheit nicht ohne weitere Unterteilung als Arbeitselement betrachtet werden. Das sieht man sehr deutlich am Flugzeugbau, wo der technologische Prozeß so umfangreich ist, daß bereits kleinere Teile als ganze technologische Prozesse anderer Industriezweige bezeichnet werden müssen. Dieser Umstand erschwert die Normierung besonders stark. Daher kann im Flugzeugbau die Normierung nicht unabhängig von den anderen Industriezweigen, sondern muß in enger Verbindung mit diesen durchgeführt werden. Es ist völlig falsch, nur immer von den Besonderheiten des Flugzeugbaus zu sprechen, weil dann auch die Kosten und damit die Preise gegenüber anderen Industriezweigen besondere sein werden.

Für die Normierung ist der technologische Prozeß in seine Teilprozesse aufzugliedern. Dies wird so vollzogen, daß nach den technischen Grundlagen der Gesamtprozeß z. B. in die Teilprozesse des Baus des Flugzeugkörpers, der Triebwerke und Hilfsmaschinen, der Geräteausrüstung und der Passagier- und Besatzungseinrichtungen aufgeteilt wird. An dieser Aufteilung sieht man, daß viele andere Industriezweige an der Normierung des Flugzeugbaus erfolgreich mitarbeiten können. Wer sich gegen diese Möglichkeit stellt, wird alsbald erkennen, daß es für den Flugzeugbau

## Der Brötchenkrieg

*Schmunzelnd erinnert man sich der Tatsache, daß einem auf dem Flug von London nach Wien zur Welt gekommenen Erdenbürger von der israelitischen Luftverkehrsgesellschaft El Al ein lebenslängliches Luftbürger-Recht in Form eines Freiflugscheins auf Lebenszeit als Patengeschenk in die Wiege gelegt werden sollte.*

*Sofort opponierten andere Gesellschaften, denen der Klapperstorch nicht die Gunst einer wahrhaft himmlischen Geburt gewährt hatte, gegen diesen Reklameknüller und bemühten die IATA-Rechtsabteilung zwecks schärfster Verurteilung solch irdischer Himmelsgeschenke. Zur gleichen Zeit rauf-ten sich übrigens England, Holland, Westdeutschland, Österreich und Israel um die Staatsbürgerschaft des Babys: In London mit seiner österreichischen Mutter an Bord der israelitischen Maschine gekommen, erblickte es just in dem Augenblick das Licht der Welt, als die westdeutsche Stadt Limburg unter der Viemotorigen vorbeirutschte. Die Holländer rechneten den Fall eifersüchtig nach und wollten wissen, daß die El Al „Conny“ zu jenem Zeitpunkt infolge Kompaktkurs. Reisegeschwindigkeit und Wind über den Niederlanden geflogen sei. Mit Limburg könne natürlich nur die holländische Käse-Provinz an der Maas gemeint sein. Demzufolge sei das Baby echter Unterthan ihrer niederländischen Majestät.*

*Indessen plärrte unser Erdenbürger friedlich in seinem Bettchen und harpte der Dinge, die da noch kommen sollten.*

*Und sie kamen mit der Sicherheit, mit der die Nacht auf den Tag folgt. Als das Himmelsbaby zu den Akten gewandert war, wendete man sich dem Brotkorb zu, den man fortan für die Besitzer der billigeren Eintrittskarten zum Himmel, höher zu hängen beschloß.*

*Um das Ansteigen der Fluggastzahl zu fördern, besteht seit dem 1. April dieses Jahres im Langstreckenverkehr die platzsparende „Economy-Klasse“. Für einen niedrigeren Preis kann man nun als Hering in der Tonne den Atlantik überqueren. Statt warmer Mahlzeiten werden belegte Brote gereicht.*

*Während die Amerikaner recht dürftige Stullen servieren, bieten die Skandinavier kullinarische Sandwich-Menüs. Darob erzürnt, klopften die US-Gesellschaften beim IATA-Kadi in Montreal an, und der verdorrte Scandinavian Airlines System (wünschgemäß zu 50000 Dollar Strafe. Diese aber, mit dem Spruch unzufrieden, lassen neue Akten über den Atlantik fliegen, und man wird sehen, was aus diesem Brötchenkrieg noch wird.*

*Fast zur gleichen Zeit, als die Fehde anhub, teilte Aeroflot-Chef Marschall Shigarew mit, daß die Sowjetunion in absehbarer Zeit die Preise im Luftverkehr senken werde. Schon jetzt aber fliegt man mit den sozialistischen Luftverkehrsgesellschaften wesentlich billiger als in den westlichen Ländern. Möglicherweise kommt nun eines Tages jemand auf den Gedanken, diese Preise als unlauteren Wettbewerbs anzufechten.*

*Aeolus*

allein unmöglich ist, ein geschlossenes Normierungssystem der Arbeit aufzubauen. Es ist vorteilhaft, jeden technologischen Teilprozeß nach Vorschlag sowjetischer Wissenschaftler in Operationen zur Herstellung der Baugruppen aufzuteilen, damit man infolgedessen näher an das meßbare Arbeitselement herangeführt wird. Im Flugzeugbau ist der Begriff der Operation bereits wieder so umfangreich, daß einzelne Operationen des Flugzeugbaus volle technologische Prozesse von Lieferbetrieben darstellen können (z. B. Kurbelwellen-, Kolbenherstellung). Demnach zeigt sich auch hier, daß viele Unterlagen anderer Betriebe erfolgreich benutzt werden können.

Als Bemerkung sei hinzugefügt, daß die technologischen Teilprozesse und die Operationen die Grundlage für den strukturellen Aufbau eines Betriebes ergeben und daß außerdem die Operationen die ersten brauchbaren Unterlagen für die Aufstellung von Grobkalkulationen sind.

Um die für die technologischen Teilprozesse und Operationen erforderlichen Arbeitsgänge wirtschaftlich zu verrichten, wendet man das System der Durchgänge an, wobei man unter einem Durchgang die Verrichtung eines Arbeitsgangs für eine bestimmte Losgröße versteht. Die richtige Zerlegung ergibt die kürzeste Dauer der Inanspruchnahme der jeweiligen Arbeitsplätze und ermöglicht wegen der Überlappung den ungestörten Übergang von einem zum anderen Durchgang. Die Durchgänge teilen die Arbeitsprozesse in qualifizierte und weniger qualifizierte Arbeiten, gestatten die bestmögliche Nutzung der Werkzeuge und lassen sich besonders gut für wiederkehrende Arbeiten anwenden. Hier findet der Normierer eine besonders günstige Arbeitsmöglichkeit, um Festlegungen von Quantität und Qualität der Arbeit zu berücksichtigen. Da der Normierer nicht nur die Arbeitselemente mißt, sondern die eingangs erwähnten Möglichkeiten der Normen auszuschöpfen hat, muß er den Durchgängen höchste Aufmerksamkeit schenken. Durchgänge bieten bei richtiger technologischer Anwendung ein ausgezeichnetes Mittel zur Senkung der Produktionszeit.

Der nächste Schritt in der Zerlegung führt zum Griff und Griffelement. Hierbei muß man einige Warnungen und Schwierigkeiten erwähnen. Das kapitalistische System legte besonders diesem Teile der Zerlegung die ausschließliche Bedeutung bei. Das zeigt sich besonders in der Schrift von F. W. Taylor (1856—1915) über die Zerlegung der Arbeitsprozesse in Griffe und Griffelemente. Diese Schrift führte zu dem ausbeuterischen Taylor-System, das zur erbarmungslosen Addition der Griffe und Griffelemente zu intensivierten Arbeitsprozessen des Kapitalismus benutzt wurde. Lenin wandte sich in einer besonderen Schrift gegen das schweißauspressende Taylorsystem und brandmarkte mit aller Deutlichkeit das verderbliche Wirken dieses Systems.

In Anlehnung an das Taylorsystem arbeitete Refa (Reichsausschuß für Arbeitsstudien) mit dem gleichen Mißbrauch der Zerlegung des Arbeitsprozesses in Griffe und Griffelemente. Dies bedeutet, daß sich Taylor-System und Refa-System wie ein Haar dem anderen gleichen.

Das Refa-System wandte die Methode der versteckten Zeitmessung für Griffe und Griffelemente in den Augenblicken an, wenn durch irgendwelchen Zwang der Arbeiter genötigt war, mit höchster Intensität zu arbeiten. Dem Refa-System waren auch solche Methoden eigen, bei denen die Verrichtung der Griffe und Griffelemente als Fortsetzung der Maschinentätigkeit betrachtet wurde. Da bei uns noch nicht alle Reste des Refa-Systems überwunden sind und viele Normierer der Refa-Schule entstammen, muß von vornherein gewarnt werden, auch nur die geringsten Anlehnungen an die Methodik des Refa-Systems zu dulden. Dies bedeutet aber nicht, daß

die Zerlegung der Arbeitsprozesse in Griffe und Griffelemente abzulehnen sei. Wir müssen vielmehr diese objektive Zerlegungsmöglichkeit nutzen und mit eigener fortschrittlicher Methodik zur Anwendung bringen. Dies tat der sowjetische Technologe Kaschirin. Er zeigte den Weg, wie man die von Taylor vorgeschlagene Zerlegung für die sichere Ermittlung der technisch begründeten Normen anwenden kann. Auch bei uns kommt es darauf an, meßbare Elemente der Arbeit zu finden. Aber die Kombination der meßbaren Elemente des Arbeitsprozesses muß in einer unserer Gesellschaftsordnung entsprechenden Form durchgeführt werden.

Kaschirin bezeichnet mit „Griff“ eine einzelne, in sich abgeschlossene Betätigung eines Arbeiters. Mit einem „Griffelement“ bezeichnet er den kleinsten meßbaren Teil der Arbeitsverrichtung, der in einer einzelnen, in sich abgeschlossenen Bewegung eines Arbeiters besteht.

Man erkennt leicht, daß die Zerlegung in Griffe und Griffelemente ein vorzügliches Hilfsmittel zur Entwicklung eines brauchbaren Systems der Messung der Arbeiten ergibt. An Hand der dargelegten Zerlegung des Produktionsprozesses eines fortschrittlichen Großbetriebs bis zu den Griffen und Griffelementen ergibt sich zugleich die Methode der Zusammensetzung der Griffelemente zum gesellschaftlichen Produktionsprozeß. Das richtige Studium der Zerlegung ergibt zugleich die Erkenntnis, wie man Griffe und Griffelemente zu einem neuen Prozeß zusammensetzen kann. Wenn die Möglichkeiten der Zusammensetzung klar erkannt sind, können auch verbesserte Griffe in den neuen Prozeß einbezogen werden. Den besten Beweis für die Richtigkeit dieses Verfahrens zeigt uns die vielfach erfolgreich angewendete Methode des sowjetischen Ingenieurs Fedor Kowaljow, der vorgeschlagen hat, nicht nur die besten Griffe und Griffelemente eines Betriebes, sondern sogar mehrerer Betriebe miteinander zu kombinieren. Die Kowaljow-Methode ist auf das engste verbunden mit dem technisch begründeten Prinzip der Normierung. In ihr findet die technische Begründung der Arbeitsnormen ihren höchsten Ausdruck, weil sie den Weg zeigt, wie ein Gesamtprozeß in seinen Bestandteilen untersucht, bewertet und wieder zusammengesetzt werden muß. Daher ist der Name Kowaljow aufs engste an die technische Normierung gebunden. Kowaljow ist der Widerleger des ausbeuterischen Taylor-Systems und zugleich der Neuschöpfer des Systems der Messung der Arbeit in unserer Planwirtschaft.

Es wäre gut, wenn wir zur richtigen Organisation des Betriebs und des Arbeitslohns die Methoden der schöpferischen Normierung im Flugzeugbau anwendeten. Zur Festigung unserer ökonomischen Kraft müssen wir mit allen gesellschaftlichen Organisationen gemeinsam die unaufschiebbar Arbeit der technisch und gesellschaftlich begründeten Normierung der Arbeit beginnen.

Flu A 205

\* \* \*

An unsere Leser!

Vorliegendes Heft wurde Ihnen erstmalig durch den Postzeitungsvertrieb zugestellt. Sollten Sie versäumt haben, unsere Zeitschrift bei der Deutschen Post oder einer Buchhandlung zu abonnieren, so kann es jederzeit nachgeholt werden. Alle bis Juli 1958 erschienenen Hefte sind zum alten Preis nach wie vor über die Redaktion zu beziehen. Wir machen darauf aufmerksam, daß Hefte des Jahrganges 1957 nur noch in wenigen Exemplaren vorhanden sind. Ab Heft 8, 1958 ist allein der Postzeitungsvertrieb zuständig. Wir bitten, dies unbedingt zu beachten.

Die Redaktion



Obering. W. GÜNTHER, Dresden

# Festigkeitsprobleme des modernen Flugzeugbaues

DK 539.4:629.135

Eine der wichtigsten Forderungen bei der Konstruktion von Flugzeugen ist die Erreichung eines möglichst geringen Rüstgewichtes. Unter dem Rüstgewicht versteht man dabei das Gewicht des Flugzeugs ohne Besatzung, Kraftstoff und Öl, Fluggäste und Fracht, d. h. ohne Zuladung. Je geringer der prozentuale Anteil des Rüstgewichts am Abfluggewicht ist, um so größer ist die Wirtschaftlichkeit des Flugzeuges. Das Rüstgewicht setzt sich zusammen aus dem Flugwerk, dem Triebwerk und der Ausrüstung. Das Flugwerk hat einen prozentualen Anteil am Fluggewicht von 27 bis 37% und besteht aus Tragwerk, Rumpf, Leitwerk, Fahrwerk und Steuerung. An den Großbauteilen Tragwerk, Rumpf und Leitwerk greifen nun die äußeren Kräfte, also die Luft- und Massenkkräfte sowie z. B. der Schub der Triebwerke an, die untereinander im Gleichgewicht sein müssen.

Die sich hieraus ergebenden Querkräfte und aus der Weiterleitung der Querkräfte entstehenden Biege- und Torsionsmomente (Bild 1 und 2) müssen vom Rumpf, Leitwerk und Tragwerk aufgenommen werden. Damit dies möglich ist, muß der Rumpf, das Tragwerk und das Leitwerk einen geeigneten statischen Aufbau haben. Dieser wieder muß sich anpassen an die aus aerodynamischen bzw. entwurfsmäßigen Notwendigkeiten erforderliche äußere Form.

Die hauptsächlichsten Bauteile zur Übertragung der in Bild 1 und 2 gezeigten Querkräfte, Biegemomente und Torsionsmomente sind im Tragwerk bzw. Leitwerk wie im Rumpf Träger und Röhren.

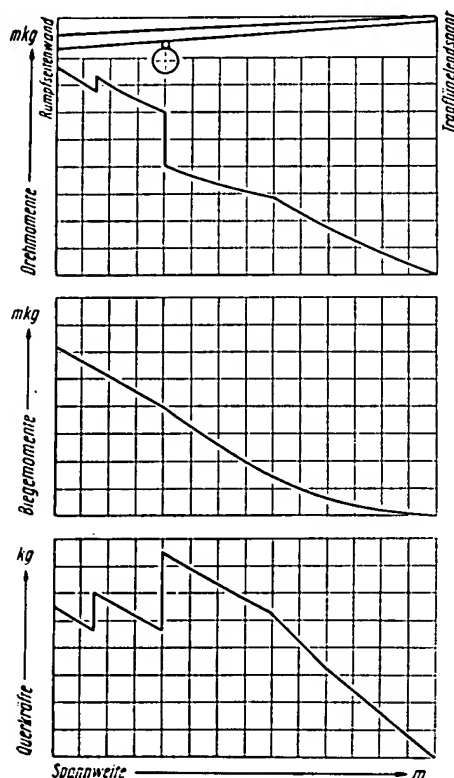
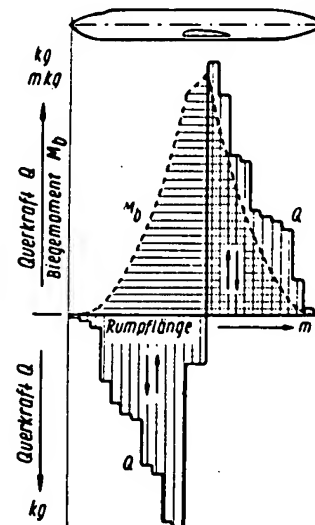


Bild 1. Verlauf der Querkräfte, Biegemomente und Drehmomente über der Tragwerkspannweite (Böenfall)

## Der statische Aufbau des Tragwerkes

Wie in Bild 3 und 4 zu erkennen ist, können Träger und Röhren zur Aufnahme der Querkkräfte, Biege- und Drehmomente sehr verschieden angeordnet werden. Ein gutes Beispiel ist der 2-Träger-Flügel, wie ihn Bild 3.10 zeigt. Hier bestehen die Gurte aus gefrästen Gurtprofilen, die Lappen besitzen, an denen die Behütung bzw. die Trägerstege angenietet werden.

Bild 2. Verlauf der Querkräfte und Biegemomente über der Rumpflänge (Böenfall)



Da die Gurte im Verhältnis zu den Trägerstegen eine sehr große Querschnittsfläche haben, ist die Beteiligung der Stege an der Aufnahme des Biegemoments nur sehr gering, so daß das Biegemoment als Kräftepaar in den Ober- und Untergurten wirkt. Zur Aufnahme der Torsion sind zwei Torsionsröhren vorhanden. Der Raum hinter dem zweiten Träger ist meistens keine geschlossene Röhre und wird deshalb nicht zur Torsion herangezogen.

Bei der Beanspruchung der Tragfläche durch ein Biegemoment verkürzen sich die Obergurte und verlängern sich die Untergurte. Bei der Verkürzung der Obergurte wird die Behütung der Oberdecke gezwungen, diese Verkürzungen mitzumachen, da sie ja mit den Gurten vernietet ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse in der Unterdecke. Hier wird das angenietete Hautblech gezwungen, sich mit dem Untergurt zu dehnen. Bei diesen aufgezwungenen Deformationen nehmen die Hautbleche Längskräfte auf, die Oberdecke Druckkräfte, die Unterdecke Zugkräfte. Da die Haut bei Trägerflügeln verhältnismäßig dünn ist, knickt sie bei der Belastung meist in der Oberdecke zwischen den Rippen aus und zeigt Wellenbildung. Wird der Tragflügel gleichzeitig auf Torsion belastet, so bilden sich bei Überschreiten der kritischen Schubspannung in Ober- und Unterdecke Zugfalten aus, die in der Unterdecke durch die Zugspannungen aus Biegung etwas geglättet werden, während sie sich in der druckbeanspruchten Oberdecke stärker ausbilden. Solange die Behütung auf der Oberdecke nicht zu dick ist, werden die Verformungen im elastischen Bereich liegen, d. h., nach Entlastung bleiben keine Deformationen zurück. Die Steigerung der Fluggeschwindigkeit und damit auch die Forderung nach größerer Steifigkeit im Hinblick auf

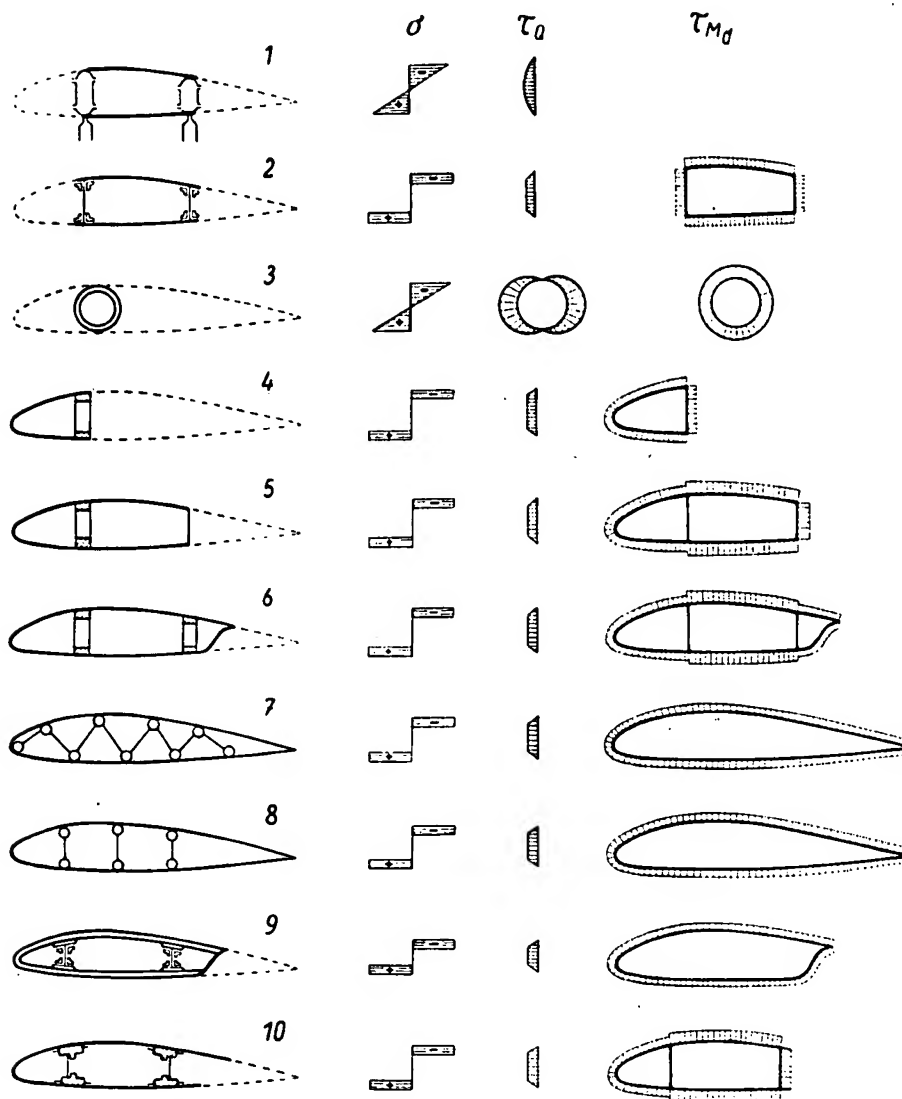


Bild 3. Tragwerksbauweisen  
Längsspannungsverteilung aus Biegung, Schubspannungsverteilung aus Querkraft und Drehmoment

ausreichende Querruderwirksamkeit erfordert jedoch eine immer stärker werdende Behäutung, die sich unter den ihr aufgezwungenen Beanspruchungen so stark verformt, daß nach der Entlastung bleibende Deformationen vorhanden sind. Um dies zu verhindern, muß die Behäutung so ausgebildet werden, daß sie Längsspannungen aufnehmen kann, ohne zu beulen und ohne sich bleibend zu deformieren. Aus diesen Notwendigkeiten heraus entwickelt man Tragflügelschalen, wobei man das Gurtmaterial über Oberdecke bzw. Unterdecke in Form von Profilen gleichmäßig verteilt, und zwar so, daß von den Profilen in Verbindung mit der Haut möglichst hohe Längsspannungen aufgenommen werden können.

Die Abmessungen von Haut und Pfetten müssen deshalb gut aufeinander abgestimmt sein, und zwar muß angestrebt werden, daß die örtliche Festigkeit der Tragflügelschale, d. h., der Schalenprofile, in Verbindung mit der Schalenhaut sehr hoch ist. Das erfordert aber eine gute Stützung der Schale, um Eulerknicken zu vermeiden. Man erreicht dies, indem man die Oberdecke gegen die Unterdecke durch eng sitzende Stützen gegeneinander abstützt oder indem man die Querverbände in einem verhältnismäßig kleinen Abstand anordnet.

Bild 4.12 zeigt eine Schale, bei der die über Ober- und Unterdecke verteilten Profile aus eckigem Wellblech bestehen. Die

Querkkräfte werden in der Hauptsache von dem vorderen und hinteren Steg aufgenommen. Die Längskräfte aus der Biegung werden von der Ober- und der Unterschale, und die Torsion wird von der durch die beiden Stege und Ober- und Unterschale gebildeten Röhre weitergeleitet.

Im Vergleich dazu ist in Bild 4.11 die erste Tragflügelschale der Welt zu sehen. Es ist der Schalenflügel, den Professor Junkers 1915 entwickelte. Diese Schale bestand aus sehr dünnem Stahlblech, welches eng gefaltet in Spannweitenrichtung angeordnet und mit dem Glatblech der Außenhaut verbunden war.

Es gibt nun eine ganze Reihe von Ausführungen von Schalenflügeln, die sich von den in Bild 4.12 gezeigten meist nur in der Anzahl und Anordnung der Trägerstege sowie in der Anzahl und Form der Längsprofile unterscheiden.

Hervorgehoben werden soll, daß die Integralschale, wie sie in Bild 4.16 dargestellt ist, auch festigkeitsmäßig Vorteile hat.

In Bild 5 und 6 sind einige Bauelemente zur Übertragung der aus Querkraft, Biegung und Torsion herrührenden Kräfte zusammen mit den aufnehmbaren Spannungen aufgetragen.

In Bild 5 ist zunächst ein Holzträger, bestehend aus Obergurt,

Untergurt und zwei Stegblechen, festgehalten, dessen Gurte aus tegofilmverleimten Buchen-Lamellen bestehen. Der Zuggurt wird aus 20 Lamellen je cm Dicke, der Druckgurt aus sieben Lamellen je cm Dicke zusammengeleimt. Man nennt das Material dann TBu 20 und TBu 7.

Da der Druckgurt nicht ausknicken kann wegen der angeleimten Trägerstege und Außenhaut, wird die Holz-Druckfestigkeit verhältnismäßig gut ausgenutzt. Es kommt dabei

sehr auf das Verhältnis  $\frac{d}{H}$  an, d. h. auf das Verhältnis der

Gurtdicke zur Trägerschalenhöhe. Maximal sind, wie die Kurve rechts oben zeigt, beim Druckgurt etwa 7 kg/mm<sup>2</sup> ausnützbare, wobei die Werkstoff-Festigkeit von TBu 7 auf Druck tatsächlich 7 kg/mm<sup>2</sup> beträgt. Beim Zuggurt sind etwa 10 kg/mm<sup>2</sup> erreichbar, wobei die Werkstoff-Festigkeit von TBu 20 auf Zug 12 kg/mm<sup>2</sup> ist.

Der nächste Träger besteht aus Obergurt, Untergurt und zwei Stegblechen. Das verwendete Material der Gurte ist Dural mit einer Werkstoff-Festigkeit von  $\sigma_{Br} = 50 \text{ kg/mm}^2$  und einer Fließgrenze von  $\sigma_{Br} = 40 \text{ kg/mm}^2$ . Ober- und Untergurt sind aus Laschen und Winkeln zusammengesetzt. Hier kommt es darauf an, die Druckgurtlasche am Ausknicken zu hindern. Auf die Ausbildung der Nietungen muß daher besonderes



Augenmerk gelegt werden. Es wurde bei einem Versuch mit einem solchen Gurt eine Knickspannung von  $45,5 \text{ kg/mm}^2$  erreicht. Der Bruch erfolgte durch Zerstörung der Nietung zwischen Lasche und Winkel und zwischen Winkel und Stegblech.

Der dritte Gurt ist ein Zuggurt, der aus einer Lasche und einem T-Profil zusammengesetzt ist. Die im Bruchversuch erreichte Bruchspannung betrug  $46,5 \text{ kg/mm}^2$ . Durch Kerbwirkung wurde die Festigkeit von  $50,0 \text{ kg/mm}^2$  auf  $46,5 \text{ kg/mm}^2$  herabgemindert. Der Bruch verlief durch die Nietlöcher der Vernietung der Lasche mit dem T-Profil.

Als letztes Beispiel ist ein Gurtquerschnitt dargestellt, welcher mit den Lappen an der Haut und mit dem Steg am Stegblech angenietet ist. Bei solchen gedrunzenen Gurtprofilen tritt das Versagen gewöhnlich nach dem Ausbeulen der Annietlappen oder des Gurtsteges ein. Wenn die Nietung versagt, knickt der Gurt in einer großen Halbwelle aus, da dann keine Stützung mehr vorhanden ist. Die ertragbare Spannung bei einem Zugversuch mit einem solchen Gurt war  $\sigma_{Br} = 45 \text{ kg/mm}^2$ . Das bedeutet, daß durch Kerbwirkung infolge der Nietlöcher die zulässige Spannung von der Materialfestigkeit  $\sigma_{Br} = 50 \text{ kg/mm}^2$  auf  $45 \text{ kg/mm}^2$  herabgemindert wurde. Bei der Dimensionierung solcher Gurte ist also auf die örtliche Festigkeit der Lappen und des Steges besonderes Augenmerk zu richten, denn deren örtliche Festigkeiten sind geringer als der des kompakten Querschnittes.

Bild 6 zeigt eine Zusammenstellung von Versuchsergebnissen, die bei Versuchen auf Druck mit verschiedenen Schalen gewonnen wurden. Zum Teil sind es Versuche, über die Ebner in der Luftfahrtforschung Bd. 14 berichtet, zum Teil sind die Versuche bei der früheren Firma Junkers durchgeführt worden, zum Teil stammen die Ergebnisse von neueren Versuchen oder aus der amerikanischen Literatur. In der Tabelle sind für neun verschiedene Schalenarten bzw. -größen die örtlichen Festigkeiten zusammengestellt. Es ist dabei noch zu beachten, daß drei verschiedene Durallegierungen verwendet wurden mit Werkstoff-Festigkeiten von etwa  $\sigma_{Br} = 44 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_{Br} = 50 \text{ kg/mm}^2$  und  $\sigma_{Br} = 66 \text{ kg/mm}^2$ . Man erkennt aus den Ergebnissen der ersten fünf Schalen, daß die Krümmungen der Schalenelemente einen wesentlichen Einfluß auf die Gesamtfestigkeit haben. Die geraden Konturen des Schalenquerschnitts, also die ebenen Schenkel der Hutprofile und die größere Breite der freistehenden Haut mindern die örtliche Festigkeit herab. Die erreichten örtlichen Festigkeiten liegen zwischen  $19$  und  $25 \text{ kg/mm}^2$ . Vergleicht man die Schalen (Bild 6.6 und 6.7) miteinander, so stellt man fest, daß die Dicke der Schalenelemente von großem Einfluß ist. Aus Herstellungsgründen kommt man zu eckigen und zusammengesetzten Profilformen, obwohl gekrümmte Elemente höhere örtliche Festigkeit aufweisen. Die erreichten örtlichen Festigkeiten liegen zwischen  $25$  und  $30 \text{ kg/mm}^2$ . Das maximale Ausnutzungsverhältnis ist bei diesen Schalen  $60\%$ .

Die Schalen Bild 6.8 und 6.9 stellen Integralschalen dar, bei denen jedoch hochfestes Dural verwendet wurde. Maximal wurde eine örtliche Festigkeit von  $48,5 \text{ kg/mm}^2$  erreicht. Das maximale Ausnutzungsverhältnis ist  $73\%$ .

### Der statische Aufbau des Rumpfes

Bild 7 zeigt eine Reihe verschiedener Möglichkeiten des statischen Aufbaus von Rümpfen in schematischer Darstellung, wobei die Spannungsverteilung über den Querschnitt für Biegung, Querkraft und Torsion angedeutet sind.

In Bild 7.2 ist die reine Quersfettenbauweise dargestellt. Hierbei sind vier kräftige Gurte, Spanten und die Behütung vorhanden. Die Gurte nehmen die Biegemomente, die Haut

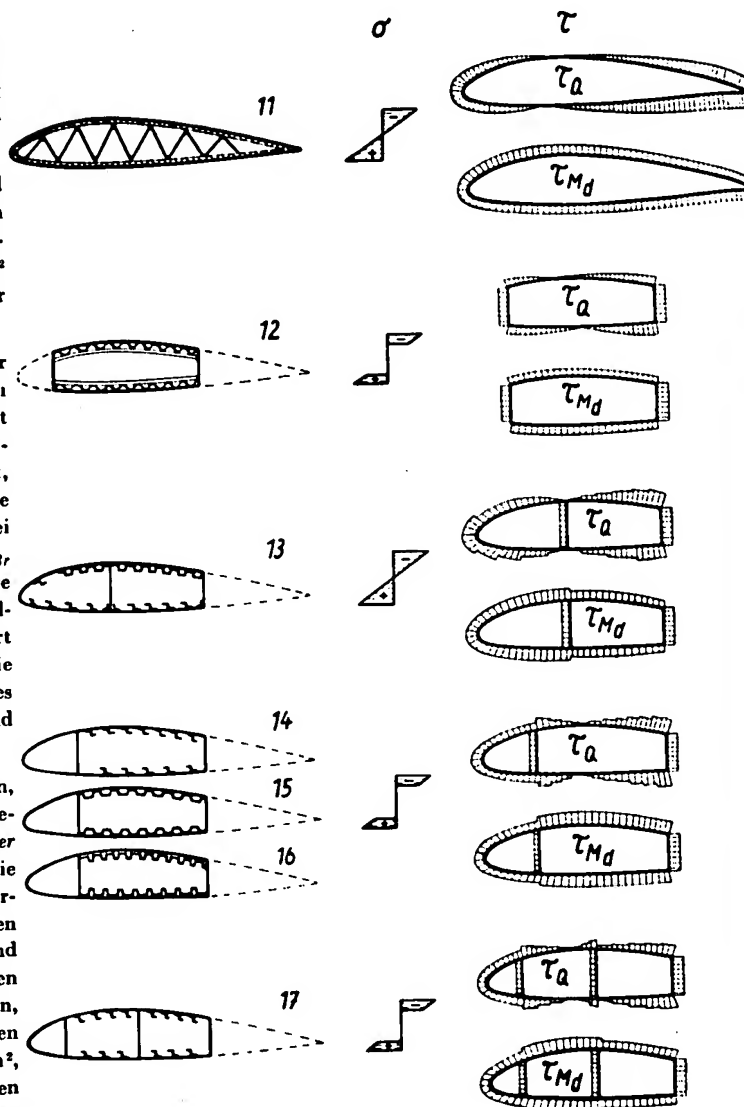


Bild 4. Tragwerkschalen-Bauweisen  
Längsspannungsverteilung aus Biegung, Schubspannungsverteilung aus Querkraft und Drehmoment

Querkräfte und Torsion auf. Gurte und Haut zusammen bilden z. B. für senkrechte Querkkräfte in jeder Rumpfschalenwand einen Träger, die Haut des gesamten Rumpfschalenquerschnittes stellt eine Röhre dar. Die Spanten werden zur Stützung der Gurte, zur Formhaltung und zur Einleitung von Querkraften benötigt.

Bei Belastung einer solchen Röhre durch ein Biegemoment infolge einer Querkraft entsteht zunächst eine lineare Längsspannungsverteilung. Bei größer werdendem Moment wird die auf Zug belastete Oberdecke infolge des Nestschlupfes der Querstreben nicht mehr die aus der linearen Spannungsverteilung ihr infolge ihres größeren Abstands von der neutralen Faser zukommende Spannung tragen. Die auf Druck belastete Unterdecke wird die ihr zukommende Spannung nur bis zu einer Größe aufnehmen, die ihrer kritischen Beullast entspricht. Die Gurte dagegen nehmen die nach der linearen Spannungsverteilung ihnen zukommende Spannung auf bis zu ihrer Bruchlast auf Zug bzw. Druck. Deshalb entsteht die in Bild 7.2 im Prinzip angedeutete ungleichmäßige Spannungsverteilung. Damit nun die Unterdecke keine bleibende Deformation erhält, ordnet man Profile in Rumpflängsrichtung an, wodurch die so ausgesteifte Unterdecke bei Druckbelastung höhere

Gurtquerschnitt	Werkstoff-Festigkeit kg/mm <sup>2</sup>	Ertragene Zugspannung kg/mm <sup>2</sup>	Ertragene Druckspannung kg/mm <sup>2</sup>
<p>a) Holzgurt aus TBu 7 u. TBu 20</p> <p> <math>H = H - d_e + d_a</math>  <math>d_i = \frac{M_a}{h \cdot b \cdot d_i}</math>  <math>d_a = \frac{M_a}{h \cdot b \cdot d_a}</math> </p> <p>           TBu 7  <math>\sigma_e = 10</math>  <math>\sigma_i = 7</math>            TBu 20  <math>\sigma_e = 12</math>  <math>\sigma_a = 8</math> </p>		<p>nach Versuchen Zuggurt TBu 20</p>	<p>nach Versuchen Druckgurt TBu 7</p>
<p>b) Träger aus Durallaschen und Duratwinkeln zusammengesetzt</p> <p> <math>\sigma_e = 40</math>  <math>\sigma_s = 50</math> </p>			$\sigma_{Bruch} = 45,5$
<p>c) Zuggurt aus Durallasche und Durat T-Profil zusammengesetzt</p> <p> <math>\sigma_e = 40</math>  <math>\sigma_s = 50</math> </p>		$\sigma_{Bruch} = 46,5$	
<p>d) Duralgurtprofil</p> <p> <math>\sigma_e = 40</math>  <math>\sigma_s = 50</math> </p>		$\sigma_{Bruch} = 4,5$	<p> <math>\sigma_s</math>            Gurt            seig u. Lappen         </p>

Bild 5. Tragfähigkeit von Tragflügelgurt

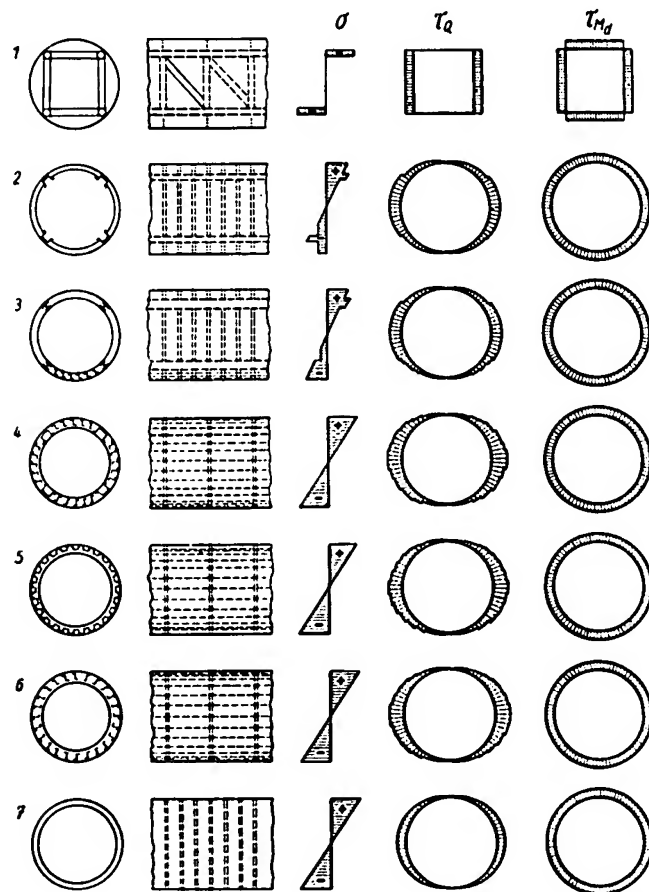
Spannungen aufzunehmen imstande ist (Bild 7.3). Dieses Prinzip kann man auch in den Seitenwänden und der Decke anwenden. Verlagert man nun das in den Gurten befindliche Material in die Längsprofile, so erhält man die reine Längspfettenbauweise, die also aus einer größeren Anzahl das Biegemoment aufnehmenden Längsprofile, aus zur Stützung der Längsprofile, zur Formhaltung und zur Einleitung von Querkraften erforderlichen Spanten und aus der Behütung besteht. Bei der Längspfettenbauweise ist die Spannungsverteilung infolge Biegung linear, wie dies die Bilder 7.5 und 7.6 zeigen. Die Querkraften werden von der Beplankung aufgenommen, wobei der Schubfluß

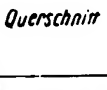
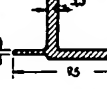
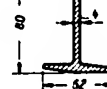
Bild 6 (links unten). Tragfähigkeit von Tragflügelchalen aus Dural

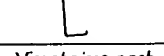
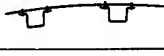
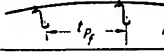
Bild 7 (unten). Rumpf-Bauweisen Längsspannungsverteilung aus Biegung; Schubspannungsverteilung aus Querkraft und Drehmoment

	Schalenquerschnitt	Werkstoff- kg/mm <sup>2</sup> $\sigma_e$ $\sigma_b$	Festigkeit $\sigma_b$	Haardicke mm S <sub>max</sub>	Plattendicke mm S <sub>max</sub>	Plattenstärke mm t <sub>max</sub>	Bruchspannung kg/mm <sup>2</sup> $\sigma_{Bruch}$
1		x)	x)	1,61	1,2	60	25,2
2		x)	x)	1,5	1,19	60	24,3
3		42	50	1,5	1,5	110	20-22
4		x)	x)	1,51	1,2	105	19,3
5		x)	x)	1,03	1,5	105	20,2
6		42	50	3,0	3,0	140	28-30
7		42	50	2,5	3,0	150	25-27
8		60,4 (Q2)	66	1,27	2,84	52	42,1
9		60,4 (Q2)	66	2,54	3,6	63,5	48,5

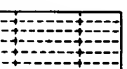
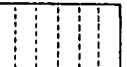
x) Versuchsergebnisse Materialfestigkeit wahrscheinlich  $\sigma_b = 44$ ,  $\sigma_e = 31$  kg/mm<sup>2</sup>



Querschnitt	Werkstoff- Festigkeit	Ertragene Druckspann- (örtlich) $\sigma_{gruch}$
	$\sigma_F$ kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kg/mm <sup>2</sup>
	23	36
	36	46
	36	46

	Schalenguerschnitt	Werkstoff- festigkeit $\sigma_F$	Festigkeit $\sigma_B$	Krümmungs- radius R mm	Hautdicke Stuhl mm	Stützendicke $s_{st}$ mm	Stützenabstand $l_{st}$ mm	Minimale Bruch- spannung $\sigma_{Bruch}$ kg/mm <sup>2</sup>
1		x)	x)	300	0,5	1,03	104	16,3
2		x)	x)	300	0,55	1,03	104	19,1
3		42	50	1500	1,4	1,9	150	22,5

x) Ergebnisse nach Versuchen von Ebener  
Materialfestigkeit wahrscheinlich  $\sigma_B = 44 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_F = 42 \text{ kg/mm}^2$

	Schalenquerschnitt	Werkstoff- festigkeit $\sigma_F$ $\sigma_B$	Krümmungs- radius $R$ mm	Hautdicke $S_{Haut}$ mm	Plattendicke $S_{Pl}$ , $S_p$ mm	Plattenteilung $t_{Pl}$ , $t_{Sp}$ mm	Staubbruch- spannung $\sigma_{Staub}$ kg/mm <sup>2</sup>
4	Längspfetten 	29 44	1300 1300	0,97 0,94	1,0 1,0	95 120	10,6 11,5
5	Querpfetten 	27 39	880 880	1,27 1,6	1,15 1,7	200 150	12 14

Sanitized Copy Approved for Release 2010/07/14 : CIA-RDP80T00246A046400680001-2

Die Schale Bild 10.3 hat wieder Z-Profil, die aber wesentlich größere Wandstärke haben. Sie hat höhere Pfetten, einen größeren Krümmungsradius und besteht dabei aus einem Material mit einer Bruchfestigkeit von 50 kg/mm<sup>2</sup>. Bei dieser Schale wurde eine mittlere Spannung von 22,5 kg/mm<sup>2</sup> erreicht und damit 45% der Werkstoff-Festigkeit ausgenutzt. Bei Längspfettenschalen auf Schub wurden Bruchschubspannungen von etwa 10 bis 12 kg/mm<sup>2</sup>, bei Querspeltenschalen auf Schub Bruchschubspannungen von 12 bis 14 kg/mm<sup>2</sup> erreicht.

Aus einem Vergleich der unterschiedlichen Ergebnisse der Längspfetten- und Querspeltenschalen auf Schub kann man jedoch noch keine Schlüsse in bezug auf die gewichtsmäßige Güte solcher Schalen ziehen. Hierbei müssen die gesamten Rumpfquerschnitte betrachtet werden und nicht nur die Querschnitte der Teilschalen.

Die Wahl eines klaren und zweckentsprechenden statischen Aufbaus eines Flugzeugs sowie die Wahl einer optimal geeigneten Bauweise stellen oft statische Probleme und Festigkeitsprobleme dar. Deren gute Lösung ist von wesentlicher Bedeutung für die Erreichung eines geringen Rüstgewichtes.

Flu 167

Hans Ahner, Dresden

## Flugsimulator PCK-55

DK 629.1.014,9

Während der letzten Leipziger Frühjahrsmesse trat die Tschechoslowakei als erstes volksdemokratisches Land mit einem Flugsimulator an die Öffentlichkeit. Bei diesem Gerät – unter der Typenbezeichnung PCK-55 – handelt es sich um eine einfache, nichtsdestoweniger aber vielseitig anwendbare Ausführung in der Art des bekannten „Link-Trainers“, und unterscheidet sich damit natürlich von den umfangreicheren und komplizierten Flugsimulatoren, die zur Schulung ganzer Besatzungen dienen und die im Gegensatz zu der hier beschriebenen Art fest am Boden stehen und keine Drehbewegungen ausführen.

Das Baumuster PCK-55 kann zur Flugzeugführerschulung unter Sicht- und Blindflugbedingungen verwendet werden, wobei die Durchführung folgender Flugaufgaben möglich ist: Steigflug, Sinkflug, Horizontalflug, Kurven bis zu 45 Grad Neigung, Anlassen des Flugmotors.

Zur Erfüllung verschiedener Aufgaben während des Fluges können unter Verwendung des Radiokompasses ARK-5 Bodenfunkstellen mit optischer und akustischer Kursanzeige angeflogen werden. Auch Funkpeilungen können durchgeführt werden. Schließlich können feste und bewegliche Ziele bis zu einer Entfernung von 600 km angeflogen werden. Solche beweglichen Ziele, wie zum Beispiel andere Flugzeuge, sind in der Lage, durch Beeinflussung vom Kontrollpult aus, an dem der Lehrer sitzt, Kursänderungen bis zu 360 Grad und Geschwindigkeitsänderungen zwischen 300 und 1300 km/h vorzunehmen. Der Flugsimulator PCK-55 besteht aus einer Flugzeugführerkabine für den Schüler und einem Kontrollpult für den Lehrer. Beide stehen miteinander in telefonischer Verbindung. Die Kabine ist kardanisch gelagert, so daß sie sich frei um alle drei Achsen des Flugzeuges drehen und die jeweiligen Flugzustände imitieren kann. Die Überwachung des Fluges geschieht wie im Flugzeug durch Flug- und Triebwerküberwachungsgeräte. Die darauf angezeigten Werte, die den einzelnen Flugzuständen entsprechen, sind gleichzeitig von den am Kontrollpult befindlichen Geräten abzulesen. Außerdem wird der zurückgelegte Flugweg von einem Flugwegschreiber am Kontrollpult aufgezeichnet und so für eine spätere Auswertung festgehalten.

Der Fluglehrer hat die Möglichkeit, in jede einzelne Phase des Fluges einzugreifen und neue Flugbedingungen zu schaffen, wie zum Beispiel neue Windrichtungen und -stärken, Störun-

gen am Fahrgestell oder am Triebwerk usw. Auch kann die Verständigung verändert werden, so daß die Sprechverbindung des Schülers zum Lehrer durch Einblenden von Geräuschen erschwert oder zeitweilig unterbrochen wird.

Zur Durchführung von Navigationsflügen und Landeanflügen dient die Modifikation des Radiokompasses ARK-5, der zwei Bereiche besitzt, und zwar von 150 bis 310 kHz und von 310 bis 640 kHz.

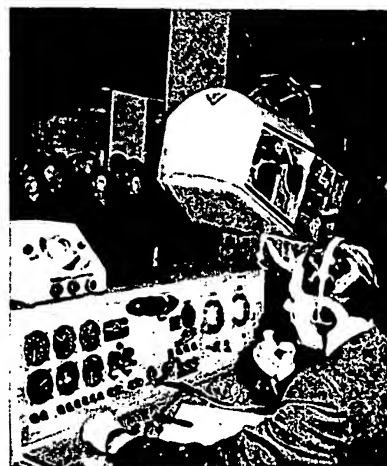


Bild 2. Der Flugschüler erhält vom Lehrer am Kontrollpult über eine Sprechverbindung Anweisungen. Der Schüler befindet sich mit der Kabine im Steigflug

Der Antrieb der Flugzeugführerkabine erfolgt auf elektrisch-pneumatischem Wege und der der Geräte elektronisch-mechanisch.

Durch den Einsatz eines Flugsimulators wie des Baumusters PCK-55 können die Kosten für eine Flugzeugführerausbildung ganz beträchtlich gesenkt werden. Sie betragen pro Flugstunde dann nur noch etwa 10 Prozent einer Flugstunde im Flugzeug. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Einsatz eines solchen Gerätes in der Blindflugausbildung, bei der ungefähr fünf Prozent der Kosten einer Flugstunde im Flugzeug aufzubringen sind.

Flu 225

## Festigkeitsprobleme an Strahltriebwerken — I. Teil

DK 621.45:539.4

Das Kräftespiel in einem Strahltriebwerk folgt einer im Vergleich zum Kolbenmotor relativ einfachen und theoretisch leichter zu erfassenden Gesetzmäßigkeit.

Die folgenden Betrachtungen gelten in gleicher Weise für die Bauteile der sogenannten Strahltriebwerke (TL) wie auch der Propellerturbinen (PTL). Bei den Propellerturbinen treten noch über den Fragenkomplex der Strahltriebwerke hinaus die Festigkeits- und Schwingungsprobleme der Luftschraube und vor allem des Untersetzungsgetriebes hinzu. Letzteres ist als konzentrisch angeordnetes Umlaufgetriebe, Planeten- bzw. Differentialgetriebe, ausgebildet (Bild 1 und 2), je nachdem, ob es sich um ein PTL mit Einfachluftschraube oder mit einer Gegenluftschraube handelt. Die Fragen der Luftschraube und des Getriebes hier ebenfalls zu behandeln, würde über den Rahmen der vorliegenden Arbeit weit hinausgehen. Vor allem ist die Festigkeitsrechnung des Getriebes<sup>1) 2)</sup> ein Spezialgebiet für sich, das auch im allgemeinen Maschinenbau behandelt wird, nur daß bei dem Luftschraubenge triebe aus Gewichtsgründen mit wesentlich niedrigeren Sicherheiten und geringerer Lebensdauer gerechnet wird.

### Festigkeitsprobleme der rotierenden Teile

Am stärksten werden bei Strahltriebwerken die rotierenden Teile beansprucht, denn die Rotoren des Verdichters und der Turbine laufen mit sehr hohen Drehzahlen von etwa  $n = 8000$  bis  $12000$  U/min. Dadurch erfahren die Schaufeln enorme Fliehkräfte, die von diesen wiederum an die Laufscheiben, an denen sie befestigt sind, abgegeben werden. Die Laufscheiben werden dadurch also an ihrem Außenrand einer radialen Belastung unterworfen.

Um ein Gefühl für die Größenordnung der hier wirkenden Fliehkräfte zu bekommen, stelle man sich vor, daß an der Stelle jeder der etwa 50 bis 60 Turbinenschaufeln eine Kraft von dem Gewicht eines mittleren Lastkraftwagens wirkt (3000 bis 6000 kg). Wenn man weiter bedenkt, daß infolge der hohen Temperatur in der ersten Turbinenstufe (700 bis  $900^\circ\text{C}$ ) die Laufschaufeln im Betrieb rotglühend werden, so

kann man die ungeheure Werkstoffbeanspruchung ermessen. Zunächst müssen natürlich die Scheiben der Laufräder so dimensioniert sein, daß sie die hohen Fliehkraftspannungen infolge ihrer eigenen Massenverteilung und der zusätzlichen Außenrandbelastung aushalten, ohne sich unzulässig stark zu verformen.

### Fliehkraftbeanspruchung der rotierenden Scheiben

#### Scheiben konstanter Dicke

Die Berechnung der Fliehkraftbeanspruchung der Laufscheiben basiert auf den beiden Grundbelastungsfällen:

- Vollscheibe konstanter Dicke mit Außenrandbelastung und
- Ringscheibe konstanter Dicke mit Außen- und Innenrandbelastung.

Diese Belastungsfälle sind in Bild 3 schematisch dargestellt. Die Formeln, nach denen die Tangential- und Radialspannungen in den Scheiben für jede Stelle sofort errechnet werden können<sup>3)</sup>, lauten

für die Vollscheibe:

$$\sigma_r = \frac{\gamma \omega^2}{g} \frac{3,3}{8} [r_a^2 - r^2] + \sigma_a$$

$$\sigma_t = \frac{\gamma \omega^2}{g} \frac{3,3}{8} [3,3 r_a^2 - 1,9 r^2] + \sigma_a$$

für die Ringscheibe:

$$\sigma_r = \frac{\gamma \omega^2}{g} \frac{3,3}{8} (r_a^2 - r^2) \left( 1 - \frac{r_i^2}{r^2} \right) + \sigma_a \frac{r_a^2}{r_a^2 - r_i^2} \left( 1 - \frac{r_i^2}{r^2} \right) + \sigma_i \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left( \frac{r_a^2}{r^2} - 1 \right)$$

$$\sigma_t = \frac{\gamma \omega^2}{g} \frac{3,3}{8} \left[ 3,3 \left( r_a^2 + r_i^2 + \frac{r_a^2 r_i^2}{r^2} \right) - 1,9 r^2 \right] + \sigma_a \frac{r_a^2}{r_a^2 - r_i^2} \left( 1 + \frac{r_i^2}{r^2} \right) - \sigma_i \frac{r_i^2}{r_a^2 - r_i^2} \left( \frac{r_a^2}{r^2} + 1 \right)$$

<sup>1)</sup> Dietrich G.: Berechnung von Stirnrädern. Deutscher Ingenieur-Verlag, Düsseldorf, 1952.

<sup>2)</sup> Trier, H.: Die Kraftübertragung durch Zahnräder. Springer-Verlag, Werkstattbücher 87/1955.

<sup>3)</sup> Biezeno-Grammel: Techn. Dynamik. Springer-Verlag, 1953, Bd. II, S. 5 bis 7.

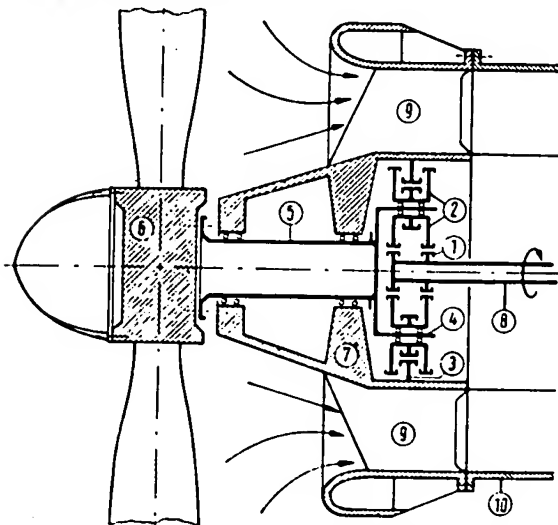


Bild 1. Schema eines Luftschraubenge triebes mit Einfachluftschraube (Planetengetriebe)

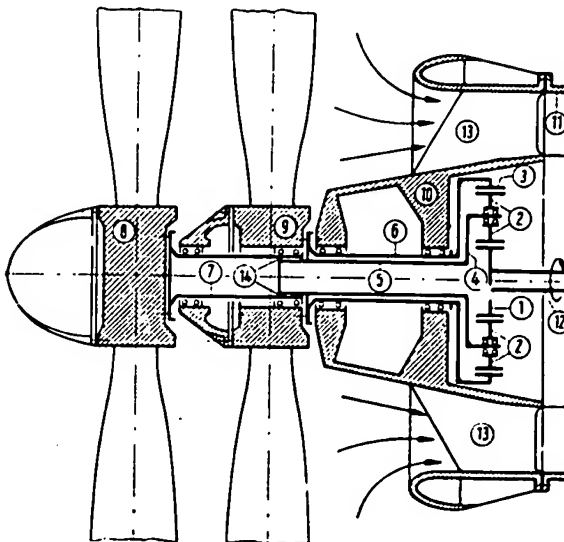


Bild 2. Schema eines Luftschraubenge triebes mit Gegenluftschraube (Differentialgetriebe)

In diesen Formeln für die Fliehkraftspannungen kommt immer die Winkelgeschwindigkeit  $\omega = \frac{\pi}{30} n$  in der zweiten Potenz vor.

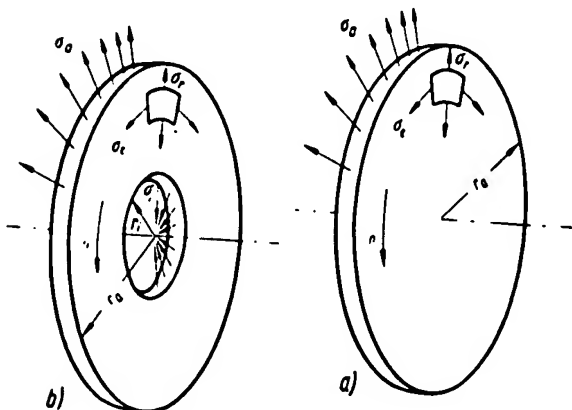


Bild 3. Fliehkraftbeanspruchung einer umlaufenden Scheibe konstanter Dicke

Die Spannung in der Vollscheibe setzt sich aus zwei Anteilen zusammen:

dem 1. Glied, infolge der Massenkräfte der Scheibe selbst und dem 2. Glied, das durch die radiale Außenrandbelastung  $\sigma_a$  gegeben ist.

Analog sind es bei der Ringscheibe drei Glieder:

das 1. Glied, infolge der Massenkräfte der Scheibe, das 2. Glied, infolge der Außenrandbelastung und das 3. Glied, das durch die Innenrandbelastung  $\sigma_i$  bedingt ist.

Wichtig ist, daß in den Formeln für konstante Scheibendicke die Dicke selbst nicht vorkommt.

Die Verdichterlaufscheiben der modernen Verdichter werden im allgemeinen aus Vergütungsstahl mit etwa 100 kg/mm<sup>2</sup> Bruchfestigkeit hergestellt. Sie setzen sich aus drei Teilen zusammen:

einer sehr dünnwandigen Ringscheibe von nur 3 bis 4 mm Stärke, einem Außenkranz, der die Schaufeln trägt und einer Nabe zur Spannungsherabsetzung am inneren Lochrand (Bild 4).

Man könnte natürlich auch in der dünnen Scheibenwandstärke durchgehend Vollscheiben wählen, doch wird aus Fertigungsgründen die Konstruktion mit Nabe und einer zentrischen Scheibenbohrung vorgezogen. Dieses bietet auch sonst meßtechnische Vorteile, während der Gewichts Aufwand kaum verschieden ist.

Die Festigkeitsrechnung geht hierbei so vor sich, daß man sich die Scheibe in den Kranz I, die Ringscheibe II und die Nabe III zerlegt denkt. Alle drei Teile werden in genügender Annäherung als Ringscheiben konstanter Dicke gerechnet und zwischen ihnen müssen gewisse Übergangsbedingungen gelten. Z. B. ist die radiale Spannung am Außenrand der dünnen Ringscheibe im Verhältnis  $b_1/h_{11}$

größer als die am Innenrand des Kranzes. Ebenso ist die radiale Spannung am Innenrand der Ringscheibe im Verhältnis  $b_{111}/h_{11}$  größer als die am Außenrand der Nabe.

Außerdem muß die radiale Aufweitung der Ringscheibe am Außenrand bzw. Innenrand mit den entsprechenden radialen Verformungen am Innenrand des Kranzes bzw. am Außenrand der Nabe übereinstimmen, damit der Zusammenhang der Scheibe gewahrt bleibt. Aus diesen Verformungsgleichungen kann man die beiden unbekannten Randspannungen der Ringscheibe  $\sigma_{ra}^{II}$  und  $\sigma_{ri}^{II}$  berechnen, wenn die von den Schaufeln einschließlich der Fußverbindung ausgeübte Fliehkraftbelastung am Außenrand des Kranzes  $\sigma_{ra}^I$  gegeben ist. Am inneren Lochrand der Nabe ist natürlich  $\sigma_{ri}^{III} = 0$ , da es sich um einen freien, unbelasteten Rand handelt. Das Ergebnis einer solchen Rechnung ist in Bild 4 mit eingetragen. Die höchste Spannung tritt im allgemeinen an der Nabenbohrung auf und kann bis dicht an die Streckgrenze des Scheibenmaterials gesteigert werden.

Ein Verdichter-Rotor, der aus einer großen Zahl von 8 bis 14 solcher Laufräder zusammengesetzt ist, muß trotz seiner relativ großen Lagerungslänge genügend biegesteif sein. Bei kurzen V-Rotoren, die nur aus wenigen Stufen ( $\leq 8$ ) bestehen, kann man die einzelnen Scheiben einfach auf eine Welle aufziehen, wie z. B. die Konstruktion des V-Rotors beim BMW-003 war (Bild 5). Bei den modernen Verdichtern hohen Druckverhältnisses und mit den entsprechend vielen Stufen sind die einzelnen Räder meist durch eine dünnwandige Trommel von 3 bis 4 mm Wandstärke möglichst großen Durchmessers miteinander verbunden. An den Scheiben befinden sich rechts und links Trommelstücke, die durch Schraubenflanschverbindungen miteinander zu dem gesamten Rotor verbunden sind (Bild 6a).

Ordnet man in dieser Weise immer zwischen zwei Rädern eine Flanschverbindung an, so wird infolge der Addition der vielen kleinen Elastizitäten der einzelnen Flanschverbindungen die gesamte Biegesteifigkeit des Rotors bei großer Lagerungslänge zu gering sein (siehe später die Auswirkung auf die kritische Drehzahl). Man setzt daher besser den Rotor abwechselnd aus Scheiben ohne Trommel und solchen Scheiben mit langen Trommelabschnitten so zusammen, daß nur halb

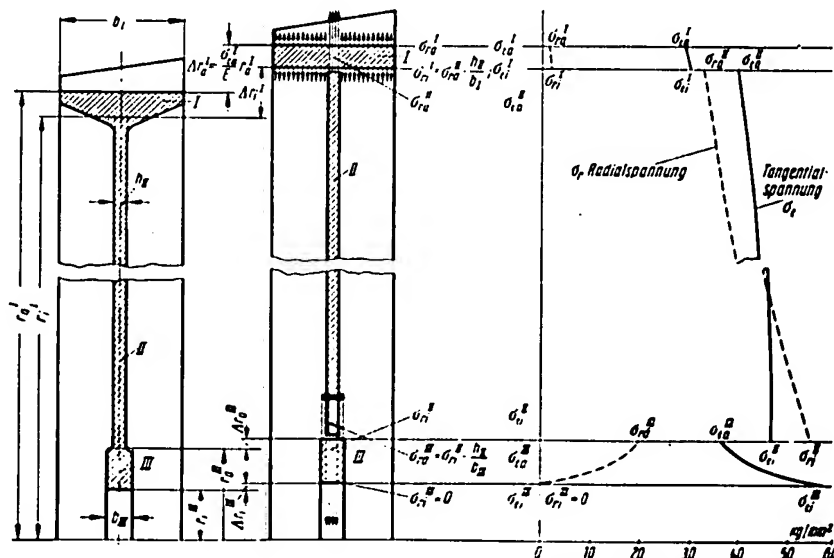
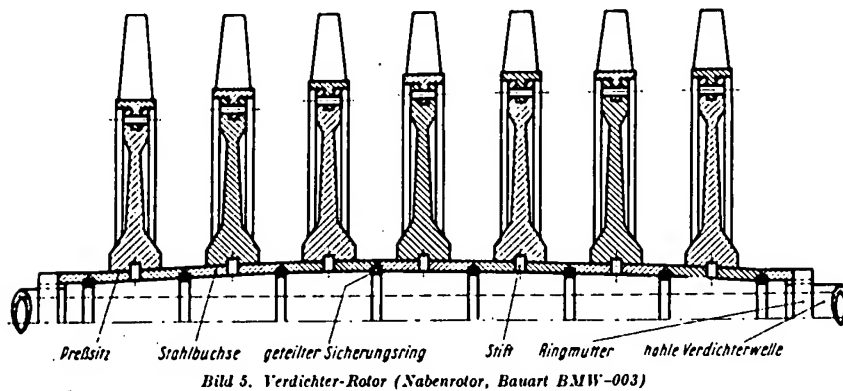


Bild 4. Fliehkraftbeanspruchung einer Verdichterlaufscheibe ohne Trommel





soviel Flanschverbindungen nötig sind (Bild 6b). Die Scheiben ohne Trommel haben wir bereits behandelt.

In Bild 7 ist eine Verdichterscheibe mit Trommel dargestellt. Wir sehen, wie die Scheibe in fünf Teilabschnitte zerlegt werden muß, die wieder einzeln einer Festigkeitsrechnung leicht zugänglich sind:

- Teil I – der Außenkranz von der Breite  $b_I$ ,
- Teil II – die äußere Ringscheibe der Dicke  $h_{II}$ ,
- Teil III – die innere Ringscheibe der Dicke  $h_{III}$ ,
- Teil IV – die Nabe der Dicke  $b_{IV}$  und
- Teil V – die zylindrische Trommel der Wandstärke  $\delta$ .

Die Berechnung der einzelnen Ringscheiben erfolgt genauso wie bei dem Rad ohne Trommel, indem wiederum die Übergangsbedingungen der Radialspannungen entsprechend der Dicke der aneinanderstoßenden Teile und unter Wahrung des Zusammenhangs bei der Verformung erfüllt werden.

Die Trommel selbst erfährt infolge ihrer eigenen Massenverteilung bei der Rotation eine Fliehkraftspannung in Tangentialrichtung, die sich für den dünnwandigen Ring leicht berechnen läßt:

$$\sigma_t = \frac{\gamma}{g} \omega^2 r_1^2.$$

Hierin tritt die Wandstärke  $\delta$  nicht auf. Dieser Tangentialspannung entspricht eine radiale Aufweitung der Trommel von

$$\Delta r^t = \frac{\sigma_t}{E} r_1 = \frac{\gamma}{gE} \omega^2 r_1^3.$$

Ist die radiale Aufweitung der Trommel allein kleiner als die der Ringscheibe am Radius  $r_1$ , so wirkt die Trommel versteifend auf die Scheibe und wird nach außen hin rotationssymmetrisch ausgebeult bzw. umgekehrt. Sie erfährt dadurch im Längsschnitt gesehen eine s-förmige Ausbiegung, wie sie im Bild 7 angedeutet ist, welche jedoch schnell nach rechts und links abklingt \*) und am größten dort ist, wo die Scheibe mit einer rotationssymmetrisch radialen Kraft als Randbe-

\*) a. a. O. [3] Band I, S. 513 bis 518.

lastung auf die rechte bzw. linke Schalenhälfte wirkt. Diese Kraft ist gleich der Differenz der inneren Randbelastung der äußeren und der Außenrandbelastung der inneren Scheibe

$$q_1 = \frac{1}{2} [\sigma_{ri}^{II} h_{II} - \sigma_{ra}^{III} h_{III}].$$

Auch an dieser Stelle tritt wieder die Verformungsbedingung hinzu, daß die Trommelaufweitung als zylindrische randbelastete Schale gerechnet gleich der radialen Aufweitung der Außenringscheibe bzw. der inneren Ringscheibe an der

Trommel sein muß. Aus den vier Verformungsbedingungen können die vier Unbekannten

$$\sigma_{ra}^{II}; \sigma_{ri}^{II}; \sigma_{ra}^{III}; \sigma_{ri}^{III}$$

bestimmt werden.

Für jede der Ringscheiben I–IV können dann die Fliehkraftspannungen an jeder Stelle nach den oben angegebenen For-

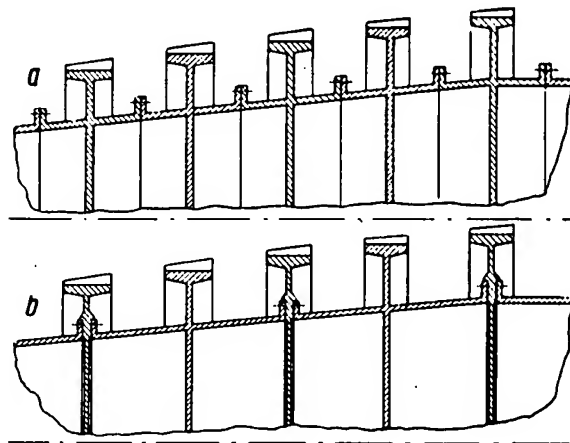


Bild 6. Verdichter-Rotor (Trommelrotor)

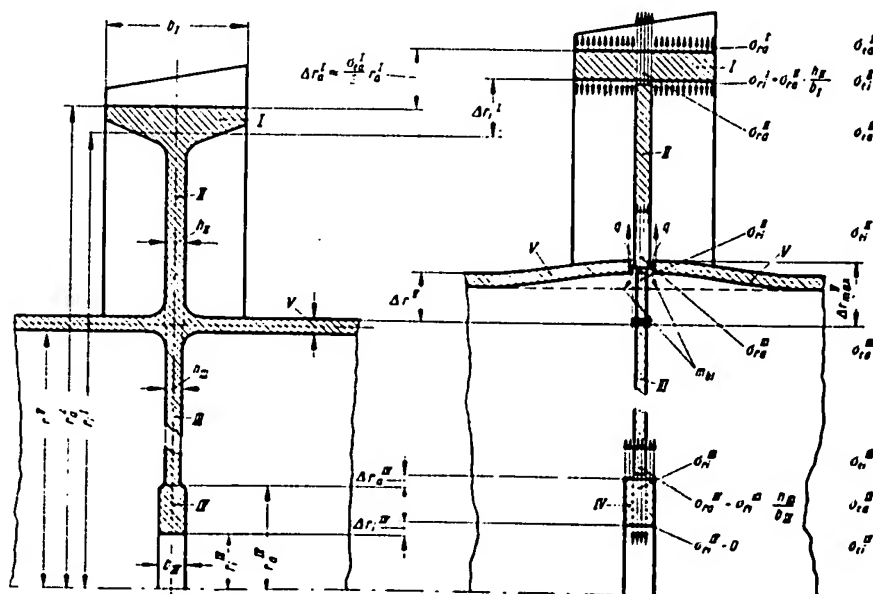


Bild 7. Fliehkraftbeanspruchung einer Verdichterscheibe mit Trommel

meln ermittelt werden, außerdem die Beanspruchungen der Trommel aus ihrer Randbelastung  $q_r$ . Die Spannungen in der Scheibe selbst werden durch die Trommel nicht sehr beeinflusst, wohl aber können in der Trommel ganz erhebliche Längsbiegespannungen auftreten, welche nahe der Streckgrenze von 70 bis 80 kg/mm<sup>2</sup> kommen.

#### Scheiben veränderlicher Dicke

Hat man es im Gegensatz zu den bisher behandelten Scheiben konstanter Dicke, wie sie meist beim Verdichter Anwendung finden, mit Scheiben stark veränderlicher Dicke zu tun, so kann man die nach innen hin wachsende Scheibendicke durch eine hyperbolische Dickenverteilung

$$y = \frac{c}{r^m} = y_a \left( \frac{r_a}{r} \right)^m$$

annähern und dafür eine exakte Lösung der Spannungsverteilung finden<sup>1)</sup>, die natürlich auf wesentlich kompliziertere Formeln als die obigen führt. Ihr prinzipieller Aufbau ist allerdings der gleiche. Das Verfahren kommt nur für Ringscheiben in Frage, da bei einer Vollscheibe für  $r = 0$  die Dicke  $y$  unendlich würde.

Für Vollscheiben kann man die Form einer solchen Scheibe berechnen, die überall dieselben Spannungen in radialer und tangentialer Richtung hat, die sog. „Scheibe gleicher Festigkeit“<sup>2)</sup>.

Die Scheibe gleicher Spannung hat nur dann einen Sinn, wenn die Temperatur der Scheibe überall dieselbe ist. Bei der tatsächlich, z. B. in Turbinenscheiben vorhandenen, sehr ungleichmäßigen Temperaturverteilung ist die zulässige Spannungsgröße stark veränderlich. Andererseits kommt eine solche Form bei Verdichterscheiben, wo die Temperaturgleichmäßigkeit etwa gegeben wäre, aus Gründen des hohen Gewichts und der schwierigen Fertigung nicht in Frage.

Die Turbinenscheiben haben nun tatsächlich einen Dickenverlauf, der wohl kaum eine exakte Lösung des Spannungsproblems erlaubt. Es gibt dafür aber in der Praxis bewährte Näherungsverfahren zur Ermittlung der Radial- und Tangentialspannungen für beliebigen Dickenverlauf. Sie gehen davon aus, daß man die Turbinenscheibe in einzelne Ringscheiben zerlegt, die einer Rechnung zugänglich sind. Haben wir z. B. das in Bild 8 dargestellte Scheibenprofil, das außen einen relativ steifen Kranz zur Aufnahme der Tannenzapfenverbindung der Schaufeln besitzt, dann sich einschnürt, und nach der Mitte zu wieder an Dicke zunimmt, außerdem eventuell Verstärkungen an den Schraubendurchgangslöchern besitzt, so zerlegen wir z. B. nach dem Verfahren von Grammel<sup>3)</sup> die Scheibe in einzelne Ringscheiben konstanter Dicke. Man nimmt in der Mitte der Scheibe eine Spannung an, wobei für die Vollscheibe je  $\sigma_r = \sigma_t$  sein muß. Davon ausgehend kann man die Radial- und Tangentialspannungen am Außenrand der innersten Teilscheibe (s. auch Bild 8, Teil 1) berechnen. Die Radialspannung am Innenrand der anschließenden Ringscheibe ergibt sich dann proportional dem Dickenverhältnis und die Tangentialspannung aus der Gleichheit der radialen Verformung an der Übergangsstelle.

Man kann daraus wiederum nach dem Außenrand dieser Scheibe weiterschreitend die dort herrschenden Spannungen bestimmen und zur nächsten Teilscheibe übergehen. In dieser

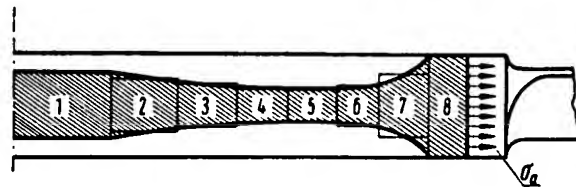


Bild 8. Turbinenscheibe beliebigen Dickenverlaufs mit Unterteilung in Ringscheiben konstanter Dicke (Skizze zur Scheibenrechnung nach Grammel)

Weise gelingt es schließlich für den Außenrand der gesamten Scheibe am Radius  $r_a$  die Radial- und Tangentialspannung zu ermitteln. Man muß nun die Spannungen in der Mitte der Scheibe so wählen, daß die radiale Außenspannung gerade gleich der gewünschten Außenspannung infolge der Fliehkräfte der Beschleunigung wird. Das geschieht natürlich nicht durch probieren, sondern indem man einen 2. Spannungszustand ( $w = 0$ ), den man in gleicher Weise ermittelt, überlagert, so daß die Randbedingung außen erfüllt wird. Das Ergebnis einer solchen Spannungsrechnung zeigt Bild 9.

Die Beurteilung der Sicherheit des zweiachsigen Spannungszustandes  $\sigma_r, \sigma_t$  erfolgt durch Bildung einer Vergleichsspannung (nach der Festigkeitshypothese der Gestaltänderungsarbeit)

$$\sigma_a^{FI} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - \sigma_r \sigma_t}$$

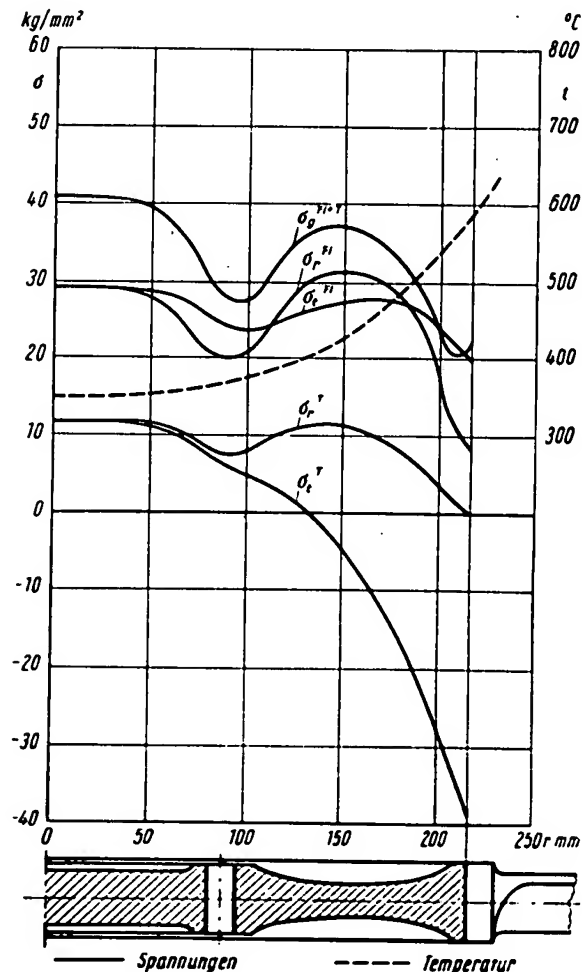


Bild 9. Fliehkraft- und Wärmespannungen in einer Turbinenscheibe

<sup>1)</sup> a. a. O. [3] Band II, S. 11.

<sup>2)</sup> a. a. O. [2] Band II, S. 17 bis 18.

<sup>3)</sup> a. a. O. [3] Band II, S. 12 bis 17.

und Vergleich mit der Zeitdehngrenze des Werkstoffs bei der an jeder Stelle herrschenden Temperatur der Scheibe. Die Zeitdehngrenze ist definiert als diejenige Zugspannung, unter der sich ein Prüfstab bei der interessierenden Temperatur innerhalb einer gewissen Zeit von 100, 200, 500, 1000 oder mehr Stunden um einen gewissen Prozentsatz von z. B. 0,1% oder 0,2% bleibend verformt. Legen wir z. B. die Zeitdehngrenze  $\sigma_{0,2/500}$  bei Forderung einer Lebensdauer von 500 Stunden für die Scheibenrechnung zugrunde, so erhalten wir als Sicherheit gegenüber der Fliehkraftbeanspruchung

$$S_{Fl} = \frac{\sigma_{0,2/500}}{\sigma_{\theta}^{Fl}}$$

Eine kleinste Sicherheit von  $S_{Fl} = 1,5$  gegenüber der Zeitdehngrenze ist ausreichend.

Auf Grund von Erfahrungen und Messungen am Triebwerk gehen wir dabei von einer Temperaturverteilung aus, welche durch ein einfaches Potenzgesetz beschrieben wird

$$t(r) = t_i + \Delta t \left( \frac{r}{r_a} \right)^m$$

$$\Delta t = t_a - t_i$$

$\Delta t$  ist der Temperaturunterschied zwischen Kranztemperatur  $t_a$  und Temperatur  $t_i$  in der Mitte der Scheibe. Der Exponent  $m$  wird meist mit 3 angenommen.

#### Wärmespannungen in den Turbinenscheiben

Die Fliehkraftspannungen sind jedoch nicht die einzigen, die eine Turbinenscheibe beanspruchen. Infolge des Temperaturunterschieds zwischen Mitte und Kranz der Scheibe treten nämlich erhebliche Wärmespannungen auf, die an Größe sogar die Fliehkraftspannungen überschreiten können.

Diese Wärmespannungen entstehen anschaulich betrachtet dadurch, daß sich die einzelnen Partien der Scheibe wegen der unterschiedlichen Temperatur in verschiedenem Maße ausdehnen. Würde die ganze Scheibe überall der gleichen Temperatur unterliegen, so würde an jeder Stelle eine dem Radius entsprechende Wärmedehnung erfolgen. Der Zusammenhang der Scheibe bleibt ohne elastische Verformungen gewahrt, und es treten also auch keine Wärmespannungen auf. Anders, wenn die Temperatur in der Mitte der Scheibe z. B. erheblich geringer ist als am Kranz, wo der Wärmefluß von den sehr heißen Schaufeln direkt in die Scheibe geleitet wird. Jetzt dehnt sich die Nabenpartie der Scheibe nur wenig aus, während die Wärmeausdehnung des Kranzes sehr viel größer ist, als es dem Radius entsprechen würde. Die Folge davon ist, daß die mittleren Zonen der Scheibe die äußeren in ihrer Wärmeausdehnung behindern, d. h. es treten in Umfangsrichtung elastische Zusammenrückungen außen auf bzw. elastische Dehnungen in der Nabe der Scheibe, so daß die Nabe einen Zugspannungszustand bekommt, der Scheibenkranz Druckspannungen in der Tangentialrichtung. Die Radialspannung klingt von der Mitte aus, wo sie gleich der Tangentialspannung ist, zum Rand hin auf Null ab, da bei dem Wärmespannungszustand der Außenrand ja unbelastet ist, also  $\sigma_a = 0$ . Man kann den Wärme-

spannungszustand auf Grund einer gegebenen Temperaturverteilung nach dem Verfahren von Grammel berechnen, nur tritt an Stelle des Gliedes mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega^2$  jetzt ein durch die Temperaturverteilung, den Wärmeausdehnungskoeffizienten und den Elastizitätsmodul gegebenes Glied auf. Bild 9 zeigt das Ergebnis einer solchen Wärmespannungsrechnung für die Turbinenscheibe. Überlagert man die Fliehkraft- und Wärmespannungen in radialer und tangentialer Richtung an jeder Stelle und bildet die Vergleichsspannung

$$\sigma_{\theta}^{Fl+T} = \sqrt{(\sigma_r^{Fl} + \sigma_r^T)^2 + (\sigma_t^{Fl} + \sigma_t^T)^2} - (\sigma_r^{Fl} + \sigma_r^T)(\sigma_t^{Fl} + \sigma_t^T)$$

so erhält man die Gesamtsicherheit der Turbinenscheibe wieder durch Vergleich mit der Zeitdehngrenze

$$S_{Fl+T} = \frac{\sigma_{0,2/500}}{\sigma_{\theta}^{Fl+T}}$$

Diese Sicherheit ist meist außen am geringsten und darf örtlich bis auf 1 absinken, jedoch möglichst nicht darunter. Ausschlaggebend für die Betriebssicherheit der Turbinenscheibe ist ihre Sicherheit gegen Fliehkraftbeanspruchung, weil dieser Beanspruchungszustand in gleicher Höhe auf der Scheibe lastet, auch wenn plastische Verformungen eintreten. Dahingegen werden die Beanspruchungen des Wärmespannungszustandes bei Auftreten plastischer Verformung, z. B. in dem heißen Außenrand durch Ausgleich der Zug- und Druckspannungen innerhalb der Scheibe abgebaut. Die Wärmespannungen sind also nicht im gleichen Maße wie die Fliehkraftspannungen gefährlich. Um jedoch unzulässig große, das Radialspiel der Turbine beeinflussende, bleibende Verformungen zu vermeiden, darf für die Gesamtspannung die Dehngrenze möglichst nicht überschritten werden.

#### Biegebeanspruchung der Scheiben

Die Scheiben erfahren neben der durch Fliehkraft und die Wärmespannungen bedingten Hauptbeanspruchung auch eine Biegebeanspruchung infolge des Druckunterschieds vor und hinter dem Rad. Beim Verdichter werden also die Scheiben nach vorn gebogen, da der Druck nach höheren Stufen zunimmt, bei der Turbine umgekehrt. Wegen der relativ großen Scheibenstärke spielen die Biegespannungen, die mit dem Quadrat der Wandstärke kleiner werden, bei den T-Scheiben nur eine untergeordnete Rolle. Die V-Scheiben dagegen sind meist nur wenige Millimeter stark. Hier können evtl. die

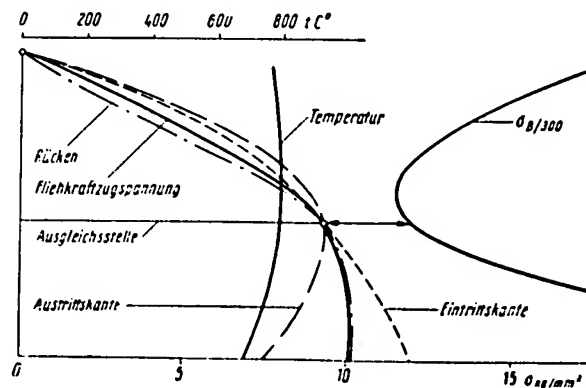
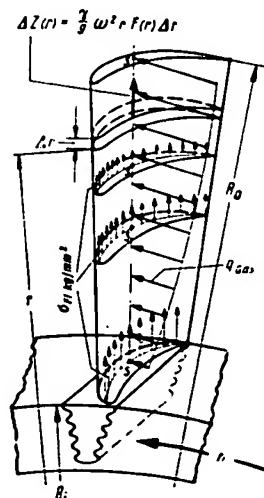


Bild 10. Beanspruchungen einer Laufschaufel

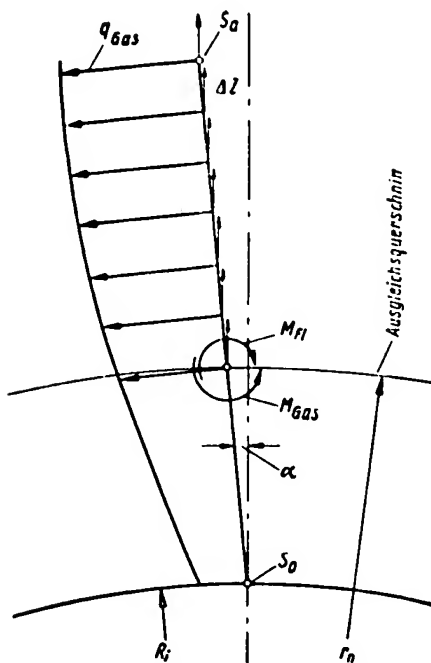


Bild 11. Momentenausgleich durch Schaufelneigung

Biegespannungen erheblich werden, namentlich, wenn es sich um einen Nabenrotor (Bild 5) handelt oder wenn bei einem Trommelrotor der Trommelradius viel kleiner als der Kranzradius ist, so daß eine große Biegelänge in radialer Richtung vorhanden ist. Bei dünner Scheibenstärke wird allerdings die bei Rotation herrschende Biegespannung bzw. Durchbiegung infolge der rückbiegenden Wirkung der Fliehkkräfte um etwa 30 bis 50% geringer sein, als wenn man die Fliehkraft vernachlässigt.

Der am Schaufelkranz wirkende Druckunterschied bewirkt einmal eine am Außenkranz angreifende Ringlast senkrecht zur Scheibe und außerdem ein Randbiegemoment, während der vor und hinter der Scheibe wirkende Druckunterschied als gleichmäßige Druckbelastung die Scheibe, welche am Innenrand eingespannt zu denken ist, auf Biegung beansprucht. Die Berechnung der Biegespannungen soll hier nicht näher behandelt werden, sie ist jedenfalls unter Einbeziehung der Fliehkraftwirkung und der versteifenden Wirkung des Außenkranzes wesentlich verwickelter als die Berechnung der Fliehkraftspannungen.<sup>\*)</sup> Im übrigen ist bei den modernen V-Rotoren der Trommeldurchmesser sehr groß, so daß in dem kurzen Scheibenstück bis zum Kranz kaum eine nennenswerte Biegung auftritt.

#### Beanspruchung der Laufschaufeln (Schaufelfußverbindung)

Die Laufschaufeln des Verdichters und der Turbine unterliegen in erster Linie wie die Scheiben der Fliehkraft-Zugbeanspruchung infolge ihrer eigenen Massenverteilung. Die Spannung steigt von Null aus am Schaufelende stetig nach dem Fuß an, wie aus Bild 10 hervorgeht. Je nach dem Querschnittsverlauf der einzelnen Profile längs der Schaufel ist der Kurvenverlauf dieser Zugspannungen und ihre absolute Höhe verschieden.<sup>\*)</sup> Das Flächenverhältnis zwischen Fuß- und Kopfprofil spielt dabei vor allem eine Rolle.

<sup>\*)</sup> a. a. O. [3] Band II, S. 59 bis 69.

<sup>\*)</sup> Schmidt, K.: Festigkeitsbetrachtungen zur Auslegung der Laufbeschauflung von Gasturbinentriebwerken. Die Technik, 12. Jg., H. 4 (1957), S. 283 bis 289.

Durch die Luft- bzw. Gaskräfte erfahren die Laufschaufeln außerdem eine Biegebeanspruchung hauptsächlich über die flache Kante des Schaufelprofils nach dem Rücken der Schaufel hin gerichtet. Dort entstehen also Druckspannungen, an den Schaufelkanten Zugspannungen.

Sind die Schwerpunkte aller Profilschnitte längs des Radius aufgereiht, der durch den Fußprofil-Schwerpunkt geht, so sind dies die einzigen Beanspruchungen, wenn wir hier zunächst von Wärmespannungen innerhalb der Schaufel absehen, was bei den Laufschaufeln berechtigt ist. Bei den Verdichterlaufschauflern, die aus mathematisch gleichartigen, wenn auch verschieden dicken bzw. verschieden gekrümmten Profilen zusammengesetzt sind, ist diese lineare Aufreihung der Schwerpunkte fast immer der Fall.

Anders bei den Turbinenschaufeln, die den strömungstechnischen Forderungen entsprechend in den einzelnen Profilschnitten konstruiert werden. Hier würde eine radiale Aufreihung der Schwerpunkte einen Verlauf der Profilein- und -austrittskante ergeben, der fertigungstechnische Schwierigkeiten zur Folge hätte. Man muß also glatten Kanten- und Oberflächenverlauf vorgeben und gewisse Abweichungen der Schwerpunktslage der einzelnen Profilschwerpunkte vom Radius durch den Fußprofilschwerpunkt zulassen. Sie sind zwar nur gering und betragen höchstens 1 bis 1,5 mm, außerdem sind sie nach zwei Koordinaten in Achs- und Umfangsrichtung verschoben. Diese kleinen Abweichungen haben aber wegen der erheblichen Fliehkkräfte der einzelnen Schaufelelemente Biegemomente zur Folge, die von der Größenordnung der Gasbiegemomente sind. Die Tatsache nützt man nun aus, um durch geeignete Neigung der Schaufel um den Fußpunkt nach dem Schaufelrücken hin die Gaskraftbiegung zu kompensieren (Bild 11). Das kann zwar nicht für alle Querschnitte geschehen, sondern nur für einen bestimmten, am meisten gefährdeten Querschnitt, z. B. bei den Turbinenschaufeln nahezu der Querschnitt in der Mitte der Schaufel bzw. bei 40% der Schaufellänge, weil die Temperaturverteilung längs der Schaufel in der Mitte ein Maximum hat (s. Bild 10). Dort ist also die zulässige Spannung am niedrigsten und ebenfalls die Sicherheit. An dieser Stelle möchte man möglichst nur die Zugbeanspruchung infolge der Fliehkkräfte haben und die zusätzliche Biegung zu Null machen. Man berechnet die Neigung also so, daß das Gaskraftbiegemoment an dieser Stelle gleich dem durch die Neigung und die gegebenen Schwerpunktskoordinaten bedingten Fliehkraftbiegemoment ist. In anderen Querschnitten ist dann die resultierende Biegung zwar nicht gleich Null, aber immerhin nur gering.

Bei den Verdichterlaufschauflern wird für den Ausgleichsquerschnitt im allgemeinen der Fußquerschnitt gewählt, weil hier die Temperatur keinen wesentlichen Einfluß auf die zulässige Spannung hat. Bei dem geschilderten Biegeausgleich ist also für die geringste Sicherheit die am Ausgleichsquerschnitt herrschende Fliehkraft-Zugspannung allein maßgebend. Den Ausgleich kann man allerdings nur für einen bestimmten, gefährlichsten Betriebszustand durchführen. In anderen Betriebszuständen, z. B. in 11 km Höhe, wo die Gaskräfte etwa nur  $\frac{1}{2}$  derjenigen am Boden betragen, überwiegen dann die Fliehkraftbiegespannungen im entgegengesetzten Sinne die Gaskraftbiegung.

In solchen vom Ausgleichszustand abweichenden Betriebszuständen macht sich wie bei der Scheibenbiegung die rückbiegende Wirkung der Fliehkkräfte auch an den Laufschaufeln günstig bemerkbar (namentlich bei langen, dünnen Verdichterlaufschauflern), deren exakte rechnerische Erfassung nur in Spezialfällen möglich ist, näherungsweise aber immer genügend genau und relativ leicht ermittelt werden kann. Fl u A 259

Ing. A. DANNENBERG, Dresden

## Fehlerquellen und Hilfsmittel für den statischen Zugversuch an metallischen Werkstoffen

DK 620.172

Planmäßige und wissenschaftlich betriebene Werkstoffprüfungen kennt man seit etwa 100 Jahren. Bekannte Wissenschaftler wie *Wöhler*, *Bauschinger*, *Martens*, *Memmler* und andere haben um die Jahrhundertwende hervorragende Leistungen auf diesem Gebiet vollbracht.

Heute hat fast jeder werkstoffzeugende oder -verarbeitende Betrieb eine eigene mit modernen Prüfeinrichtungen versehene Werkstoffprüfabteilung.

Die Werkstoffprüfung hat die Aufgabe,

1. die allgemeinen und besonderen Eigenschaften der Werkstoffe zu ermitteln,
2. die Ursachen werkstoffbedingter Mängel an Maschinen und Bauteilen aufzuklären und auszuwerten und schließlich
3. Richtlinien für die Verwendung von Werkstoffen sowie allgemein anerkannte Güte- und Lieferbedingungen aufzustellen.

Die mannigfachen Eigenschaften der Werkstoffe und ihre vielseitigen Beanspruchungsarten erfordern eine große Anzahl von Prüfverfahren, die man nach der Art der zu prüfenden Eigenschaften in physikalische, chemische und technologische Prüfungen unterteilen kann. Zu den physikalischen Prüfungen gehören die Festigkeitsprüfungen.

Von den zahlreich entwickelten Prüfverfahren haben in der Luftfahrtindustrie in den letzten 25 Jahren z. B. die Dauerschwingfestigkeit und die Gestaltfestigkeit große Bedeutung erlangt. Betrachtet man andererseits die zur Zeit gewaltige Entwicklung von zerstörungsfreien Prüfmethoden, so könnte man leicht zu der Meinung kommen, daß die Festigkeitsprüfung bei ruhender Beanspruchung, der sogenannte *statische Versuch*, durch modernere Prüfverfahren weitgehend verdrängt wird. Das trifft aber nicht zu. Der klassische Zugversuch wird im Rahmen der Festigkeitsprüfungen aus vielen Gründen auch weiterhin seine Bedeutung behalten, weshalb man diese bewährte Prüfmethode beständig weiterentwickelt und verbessert.

Der Praktiker wird vielleicht meinen, daß die Ermittlung der Festigkeitseigenschaften nach DIN 50146 eine bekannte und einfache Sache ist, über die es kaum noch etwas zu sagen gibt. Die nachfolgenden Ausführungen zeigen jedoch, daß der Zugversuch nach DIN 50146 eine ganze Reihe beachtenswerter Einzelheiten umfaßt.

### 1 Wichtige Einflußgrößen und Fehlerquellen beim Zugversuch

#### 1.1 Proben

Bei der Probenanfertigung sind die Empfehlungen nach DIN 50114, 50125 und andere sorgfältig zu beachten. Liegen noch keine Normen vor, wie z. B. bei Probestäben für Dauerschwingversuche, so sind die auf Grund von Erfahrungen aufgestellten Richtlinien einzuhalten.

Vielfach macht man die Probestäbe für statische Zugversuche in der Mitte etwas dünner, um einen Bruch am Einspannkopf zu vermeiden. Durch Versuchsreihen wurde jedoch festgestellt, daß dadurch die Bruchdehnung häufig um mehrere Prozente vermindert wird. In DIN 50125 vom April 1951 ist deshalb festgelegt, daß die Proben einen gleichmäßigen Quer-

schnitt haben müssen, um eine Verminderung der Bruchdehnung zu vermeiden.

Bei verschiedenen Werkstoffen besteht ferner eine Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften von der Form des Probenquerschnittes. Diese ist z. B. bei Magnesiumlegierungen besonders ausgeprägt (Bild 1). Hieraus geht hervor, daß bei Vergleichsprüfungen unbedingt auch gleiche Probestababmessungen zu wählen sind.

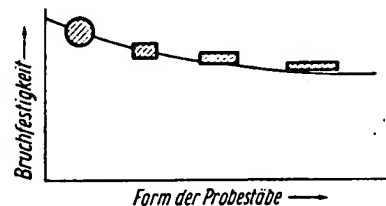


Bild 1. Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Form des Probenquerschnittes

Die prismatische Probenlänge darf bei Zugproben keineswegs zu kurz sein. Bei Rundstäben soll sie mindestens gleich dem Durchmesser der Probe sein, da die durch Kerbwirkung hervorgerufene ungleichmäßige Spannungsverteilung zu erhöhten Festigkeiten führt. Diese Tatsache findet in DIN 50120, Zugversuch an schmelzgeschweißten Stumpfnähten, ihren Nieder-



Bild 2. Zugprobe für die Prüfung von Schweißnähten

schlag, indem bei der ausgerundeten Zugprobe (Bild 2) die Zugfestigkeit nach folgender Formel berechnet wird:

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{1,1 \cdot F_0}, \text{ wobei}$$

$\sigma_B$  = Zugfestigkeit in  $\text{kp/mm}^2$

$P_{\max}$  = Höchstlast in  $\text{kp}$

$F_0$  = Ursprungsquerschnitt in  $\text{mm}^2$  bedeutet.

Sind Rohre zu prüfen, aus denen prismatische Probestreifen entnommen werden müssen, so ist die Ermittlung des Probenquerschnittes recht zeitraubend. Hier kann man eine wesentliche Zeitersparnis bei der Querschnittsermittlung durch Aufstellen von Korrekturkurven erreichen (Bild 3).

#### 1.2 Prüfmaschineneichung

Die Prüfmaschinen für statische Zugversuche müssen jährlich einmal von einer amtlichen Prüfstelle geeicht werden. Eigene Zwischenprüfungen mit geeichten Kontrollmeßbügeln werden in kürzeren Zeitabständen empfohlen. In Zusammenhang damit sei ferner bemerkt, daß Meßgeräte zur Nachprüfung der Lastanzeige von Dauerschwingprüfungen noch beim DAMG Berlin in Entwicklung und Erprobung sind. Daher besteht zur Zeit

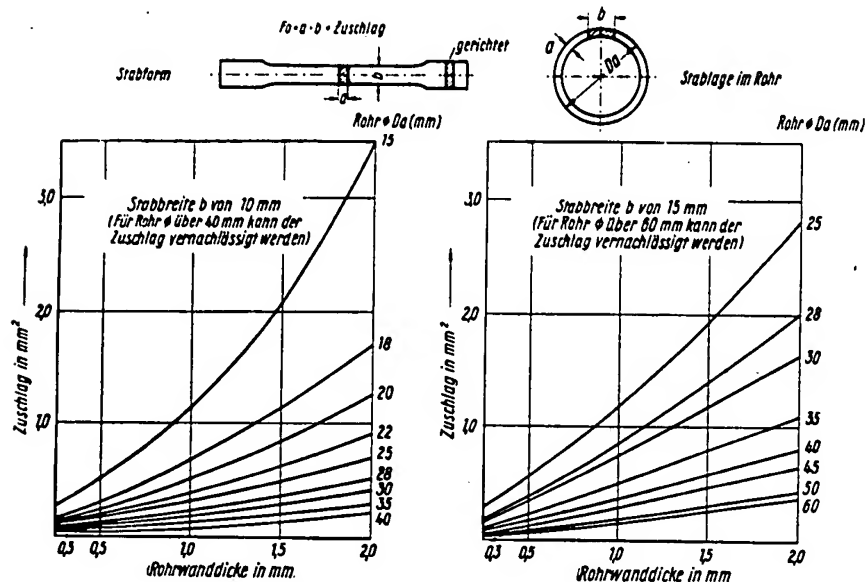


Bild 3. Ermittlung des Querschnitts bei Rohrflachstäben

über die Genauigkeit derartiger Prüfmaschinen noch kein eindeutiges Bild.

**Auswahl.** Um für die verschiedenen Zugproben jeweils die geeignete Prüfmaschine sowie den richtigen Prüfbereich zu erfassen, empfehlen sich vor dem Zugversuch orientierende Härteprüfungen. Dieses Verfahren hat sich in der Praxis sehr gut bewährt. Außerdem ergibt sich daraus eine gewisse Rohkontrolle, ob beim Versuchsablauf alles in Ordnung war. Dies ist um so wichtiger, da man für die Wirkungsweise der Zerreißmaschinen leider nicht so einfache Kontrollmittel wie die der Härteprüfplatten bei Härteprüfungen besitzt.

**Einspannung.** Die Festigkeitseigenschaften, besonders bei kleinen Verformungsgeschwindigkeiten, werden durch eine mehr oder weniger mittige Einspannung der Zugprobe stark beeinflusst. Nach Siebel, Handbuch der Werkstoffprüfung, bewirkt bereits eine Außenmittigkeit von  $\frac{1}{100}$  des Stabdurchmessers – d. h. bei 10 mm Stabdurchmesser 0,1 mm – eine Überlagerung einer Biegebeanspruchung über die Zugbeanspruchung von etwa 10% derselben. Auch durch die üblichen kugelförmigen Einspannteile läßt sich dieser Fehler nicht restlos vermeiden, da die Reibung in den Kugelflächen bereits bei kleinen Belastungen zu groß wird, um ein Selbsteinstellen der Probe zu ermöglichen. Um eine möglichst mittige Beanspruchung zu erreichen, hat z. B. Professor Kuntze vom Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem für Kerbzugproben ein Spitzengehänge entwickelt, das sich in der Praxis gut bewährt hat (Bild 4).

**Verformungsgeschwindigkeit.** Die Festigkeitswerte werden weiterhin durch die Verformungsgeschwindigkeit beeinflusst. Es ist bekannt, daß bei Stahl und verschiedenen anderen metallischen Werkstoffen die Abhängigkeit der Zugfestigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit bei Raumtemperatur gering ist. Dagegen wird bei allen Werkstoffen, wie z. B. bei Blei und Zinn, die nahe der Raumtemperatur Umwandlungen oder Rekristallisationsvorgänge erleiden, die Zugfestigkeit von der Verformungsgeschwindigkeit stärker beeinflusst. Auch bei Zink, Zinklegierungen und Magnesiumlegierungen liegt ein großer Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit auf die Zugfestigkeit vor.

DIN 50146 sagt aus, daß bei Stahl bis zum Eintritt der Streckgrenze die Belastungsgeschwindigkeit 1 kp/mm<sup>2</sup>/s nicht überschritten werden darf, was einer höchsten Verformungs-

geschwindigkeit von 0,005%/s entspricht. Oberhalb der Streckgrenze kann die Verformungsgeschwindigkeit bis auf 0,4%/s gesteigert werden. Weiter enthält das Normblatt den Hinweis, daß für eine Anzahl Nicht-eisenmetalle besondere Vorschriften für die Versuchsgeschwindigkeiten einzuhalten sind. In der Praxis wird der Zugversuch meist zu schnell durchgeführt, was zu erhöhten Spannungen führt. Bei der Prüfung wird kaum ein Unterschied zwischen Stahl-, Schwermetall und Leichtmetallproben gemacht. Würde man aber für die obengenannten Metalle bis zur Streckgrenze einheitlich die Belastungsgeschwindigkeit zu 1 kp/mm<sup>2</sup>/s festlegen, so prüfte man Schwermetall mit der doppelten, Aluminiumlegierung-

gen etwa mit der dreifachen Verformungsgeschwindigkeit als Stahl (Bild 5).

Untersuchungen in dieser Richtung an verschiedenen Nicht-eisenmetallen, z. B. auch an den in der Luftfahrtindustrie viel

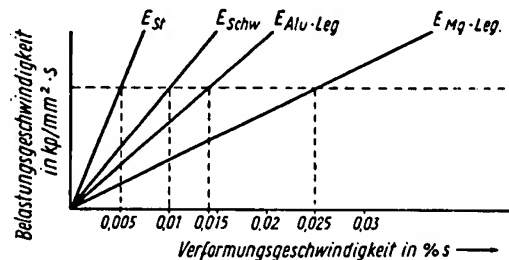


Bild 5. Abhängigkeit der Belastungs- von der Verformungsgeschwindigkeit

- $E_{\text{Stahl}} = 20000 \text{ kp/mm}^2$
- $E_{\text{Schwermetall}} = 10000 \text{ kp/mm}^2$
- $E_{\text{Alum.-Leg.}} = 7000 \text{ kp/mm}^2$
- $E_{\text{Mg-Leg.}} = 4000 \text{ kp/mm}^2$

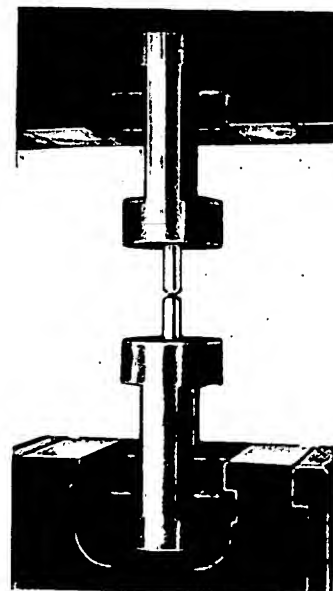


Bild 4. Spitzengehänge zur mittigen Beanspruchung von Kerbzugproben



verwendeten Leichtmetallen mit hohem Zinkgehalt, erscheinen deshalb ratsam.

Im Zinktaschenbuch (Ausgabe 1942) wird für die Ermittlung der Zugfestigkeit von Zink und Zinklegierungen zweckmäßig eine Prüftemperatur von 20° C und eine Zerreißgeschwindigkeit von 30 mm/min vorgeschlagen. Für Bleche der Legierung ZnCu 4 z. B. muß mit etwa 0,3 kp/mm<sup>2</sup>/°C gerechnet werden. In Krist, Werkstoffprüfung, 1952, sind für Zink und AlMg-Legierungen ebenfalls 30 mm/min als Zerreißgeschwindigkeit angegeben.

In Lehmann, Werkstoffprüfung (1951), werden für Zinklegierungen und MgAl-Legierungen als Zerreißgeschwindigkeit in mm/min 25 ± 5% der Meßlänge des Probestabes vorgeschlagen.

## 2 Versuchsauswertung und empfehlenswerte Hilfsmittel dafür

Die Auswertung des Zugversuchs nach DIN 50146 beschränkt sich allgemein auf die Ermittlung der Zugfestigkeit  $\sigma_B$ , der Streckgrenze  $\sigma_S$  bzw.  $\sigma_{0,2}$ , der Bruchdehnung  $\delta_{10}$  bzw.  $\delta_5$  und vorwiegend bei Rundproben auf die Brucheinschnürung.

### 2.1 Zugfestigkeit

Die Zugfestigkeit  $\sigma_B$  in kp/mm<sup>2</sup> wird nach der Formel

$$\sigma_B = \frac{P_{\max}}{F_0}$$

berechnet. Mit Rücksicht darauf, daß für Werkstoffprüfmaschinen Fehler bis zu ± 1% zugelassen sind, sind nach DIN 50146 die Zugfestigkeiten und auch andere Spannungen bei Werten

bis 20 kp/mm <sup>2</sup>	auf 0,1 kp/mm <sup>2</sup> ,
von 20 bis 50 kp/mm <sup>2</sup>	auf 0,2 kp/mm <sup>2</sup> ,
über 50 kp/mm <sup>2</sup>	auf 0,5 kp/mm <sup>2</sup>

genau anzugeben. Es erscheint jedoch ratsam, noch weiter aufzuteilen, und zwar bei Werten

von 50 bis 100 kp/mm <sup>2</sup>	auf 0,5 kp/mm <sup>2</sup> ,
über 100 kp/mm <sup>2</sup>	auf 1,0 kp/mm <sup>2</sup> .

### 2.2 Streckgrenze

Streckgrenze  $\sigma_S$  in kp/mm<sup>2</sup>. Bei weichen Stahlsorten z. B. ist die Streckgrenze deutlich als obere und untere Streckgrenze (Bild 6) erkennbar. Sie wird nach

$$\sigma_S = \frac{P_S}{F_0}$$

( $P_S$  = Belastung an der Streckgrenze in kp)

berechnet. Die Auswertung der oberen und unteren Streckgrenze,  $\sigma_{S0}$  und  $\sigma_{Su}$ , bereitet praktisch kaum Schwierigkeiten. Allerdings unterliegt gerade die obere Streckgrenze  $\sigma_{S0}$ , die

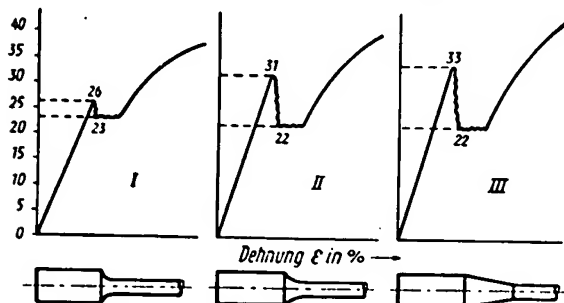


Bild 6. Einfluß der Probenform auf die untere Streckgrenze (nach Siebel)

in Deutschland üblicherweise ermittelt wird, stark dem Einfluß der Probenform, insbesondere in bezug auf den Übergangsradius, der Versuchsgeschwindigkeit und der verwendeten Maschinenbauart, so daß bei Vergleichsprüfungen unbedingt auf konstante Versuchsbedingungen zu achten ist (Bild 6).

Die Probe III, die man noch vor etwa 20 Jahren als „Normalstab“ bezeichnete, zeigt die Erhöhung von  $\sigma_{S0}$  am stärksten. Ein kleiner Abrundungsradius ist demnach bei Zugproben günstig. Es ist daher nicht verständlich, weshalb in DIN 50125 z. B. bei den Rundproben der Abrundungsradius von 4 mm als Kleinstmaß bezeichnet wird; denn das bedeutet ja, daß einer beliebigen Vergrößerung dieses Maßes nichts im Wege steht.

Daß nicht die weniger streuende untere Streckgrenze  $\sigma_{Su}$  bei der Auswertung gewählt wird, liegt in der Schwierigkeit ihrer sicheren Bestimmung begründet, da hier außer dem Einfluß der Prüfmaschine Unstetigkeiten des Fließvorganges und damit zusammenhängende Spannungsschwankungen vorliegen [0,2-(Dehn-)Grenze  $\sigma_{0,2}$  in kp/mm<sup>2</sup>]. Ist die Streckgrenze beim Zugversuch nicht scharf ausgeprägt, wie beim Vorliegen eines stetig verlaufenden Kraft-Verformungsdiagramms, dann wird die 0,2-(Dehn-)Grenze als Streckgrenze angesehen. Bei dieser ist die bleibende Dehnung 0,2%. Sie wird nach

$$\sigma_{0,2} = \frac{P_{0,2}}{F_0}, \text{ wobei}$$

$P_{0,2}$  = Last in kp, die bei der bleibenden Dehnung  $\varepsilon = 0,2\%$  ist, in kp berechnet und nach DIN 50144 am zuverlässigsten durch Feinmeßgeräte ermittelt, worüber jedoch an dieser Stelle nicht weiter berichtet werden soll. Das Normblatt sieht je nach der gewählten Auswertungsmethode eine Angabe der 0,2-Grenze auf ± 0,5 bzw. ± 1 kp/mm<sup>2</sup> vor.

Man stellt immer wieder die Frage, wie man am besten bei Großzahluntersuchungen mit ausreichender Genauigkeit die Ermittlung der 0,2-Grenzen vornehmen kann. Erfahrungsgemäß erfordern Feinmeßversuche einen höheren Zeitaufwand als die seit vielen Jahren in der Praxis vielfach übliche Auswertung der an der Prüfmaschine aufgenommenen Kraft-Verformungsdiagramme. DIN 50144 sagt unter Punkt 8: Bei Prüfmaschinen, bei denen ein dem vorhergehenden Verfahren gleichwertiges Spannungs-Verformungs-Schaubild aufgezeichnet wird, kann unmittelbar in das Schaubild die Parallele im Abstand von 0,2% der Meßlänge eingezeichnet werden.

Eigene Erfahrungen in der Luftfahrtindustrie an zehntausenden von Zugversuchen haben gezeigt, daß man für die Praxis ausreichend genaue  $\sigma_{0,2}$ -Werte erhält, wenn die Aufzeichnung und Auswertung der Prüfmaschinen-Kraft-Verformungs-Diagramme mit Sorgfalt vorgenommen wird. Selbstverständlich muß man sich laufend durch zwischengeschaltete Feinmeßversuche über den erreichten Genauigkeitsgrad in der Diagramm-Auswertung überzeugen, wobei Feinmeßgeräte mit beidseitiger Ablesung der Verformung zu bevorzugen sind.

Gut auswertbare Kraft-Verformungs-Diagramme erhält man, wenn nur die Formänderung der Zugprobe übertragen wird, also die Anzugswege der Einspannvorrichtung und die elastischen Formänderungen des Prüfmaschinen-Gestells nicht mit enthalten sind. Dazu ist es notwendig, eine bestimmte Meßlänge abzustecken und von diesen Marken aus den Formänderungsweg durch Seilzug unter Zwischenschaltung einer geeigneten Vergrößerung auf den Schaulinienzeichner zu übertragen. Um ein scharf gezeichnetes Diagramm zu bekommen, kann man an Stelle des üblichen Papierstreifens besser ein Spezial-Wachsschicht-Registrierpapier (Lieferfirma VEB Eisenberger Foto- und Spezialwerke, Eisenberg/Thür.) mit entsprechendem Aufdruck verwenden, wobei das Diagramm mit einem angespitzten Metallstift gezeichnet wird. Ein so aufgezeichnetes

Diagramm ergibt eine wesentlich bessere Auswertbarkeit als ein meist sehr dick mit einer Schreibfeder gezeichnetes Tinten-diagramm.

Die Qualität der Schaulinienaufzeichnung an den z. Z. in der Deutschen Demokratischen Republik verwandten Prüfmaschinen reicht in den meisten Fällen für eine befriedigende 0,2-Grenzen-Auswertung nicht aus. Mängel zeigen sich insbesondere in der Übertragung der Verformung mittels Reibrad, in der Perforierung des Diagrammpapiers und bei den Schreibfedern. Eine Verbesserung dieses Prüfmaschinenteiles ist gemeinsam mit dem Herstellerwerk anzustreben.

Es wird noch darauf hingewiesen, daß die 0,2-Grenzen aus dem von der Prüfmaschine aufgezeichneten Kraft-Verformungsdiagramm bei solchen Werkstoffen nicht bestimmt werden können, bei denen zwischen Spannung und Dehnung keine Proportionalität besteht, d. h., die nicht dem Hookeschen Gesetz folgen. Dies ist z. B. bei Blei und Magnesium-Legierungen der Fall. Die 0,2-Grenze kann also bei solchen Metallen nur durch die bleibende Verformung mittels eines Feinmeßgerätes bestimmt werden.

### 2.3 Bruchdehnung

Die Bruchdehnung  $\delta_{10}$  bzw.  $\delta_5$  in Prozenten wird nach der Formel

$$\delta = \frac{L_B - L_0}{L_0} \cdot 100$$

( $L_B$  = Meßlänge des zerrissenen Stabes in mm  
 $L_0$  = Ursprungsmeßlänge in mm)

ermittelt. Hierbei wird die Längenänderung üblicherweise mit Schieblehre, Maßstab oder Steckzirkel ermittelt.

Um den Prüfablauf bei der Dehnungsmessung zu beschleunigen, wurde ein Steckzirkelsatz entwickelt, der mit insgesamt vier Steckzirkeln die üblichen Meßlängen von 25 bis 260 mm erfaßt. Die Bruchdehnung in Prozenten kann nach dem Messen der Länge  $L_B$  unmittelbar am Zirkel mit ausreichender Genauigkeit an einer Kreisskala abgelesen werden. Die Zeiteinsparung gegenüber der üblichen Methode beträgt rd. 90%.

In einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1938 berichtet Dr.-Ing. Matthäus ebenfalls über einen ähnlichen Dehnungsmeßzirkel, der aber vermutlich keine außerbetriebliche Verbreitung fand.

Problematisch ist die Ermittlung der Bruchdehnung an Probestäben aus Leicht- bzw. Schwermetall-Gußlegierungen mit Soll-Bruchdehnungen von etwa 0,5 bis 3%. Ein gutes Zusammenfügen der beiden Probenhälften mit ihrem aufgelockerten Bruchgefüge ist praktisch nicht möglich, so daß bei Rund- sowie Flachstäben eine kleine Lücke mitgemessen wird, die bei den geringen Dehnungswerten bereits zu wesentlich erhöhten Dehnungen führt. Nach DIN 50146 und 50114 ist bei Flachstäben eine beim Zusammenlegen der Bruchenden an der Bruchstelle etwa vorhandene Lücke zur Verlängerung mitzurechnen. Das kann sich wahrscheinlich nur auf Werkstoffe mit an sich guter Verformung beziehen, weil dann eine kleine mitgemessene Lücke die Bruchdehnung nur unwesentlich erhöht. Solche Lücken zeigen sich z. B. häufig bei Federstahlbändern in der Mitte der Zugprobe (Bild 7).

Bekanntlich weisen aber die erwähnten Gußlegierungen keine Einschnürungsdehnung, sondern praktisch nur Gleichmaßdehnung auf. Es wird nun vorgeschlagen, daß in der Luftfahrt-

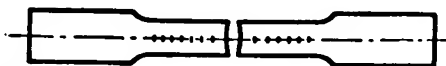


Bild 7. Federstahlband-Zugprobe mit einer Lücke in der Mitte

industrie bei Zugversuchen an Gußproben mit geringer Dehnung die Bruchdehnung jeweils am längeren Bruchstück gemessen wird, wobei die eigentliche Bruchstelle gar nicht mit erfaßt zu werden braucht, und man auch keine bestimmte Meßlänge infolge der nur vorliegenden Gleichmaßdehnung einhalten muß. Je größer allerdings die am längeren Bruchstück vorliegende Meßlänge  $L_0$  ist, um so genauer läßt sich die Bruchdehnung erfassen. Wie tausende derartiger Messungen gezeigt haben, erhält man mit dieser Meßmethode durchaus brauchbare Dehnungswerte, die mit den übrigen Festigkeitswerten in Einklang stehen (Tafel 1).

Tafel 1. Zugversuch an Leichtmetallgußproben

Stab-Nr.	$\sigma_{0,2}$ kp/mm <sup>2</sup>	$\sigma_B$ kp/mm <sup>2</sup>	Bruchdehnung $\delta$ , in % gemessen	
			mit Lücke	ohne Lücke
1	9,0	10,2	≈ 1,5	≈ 0,8
2	nicht erreicht	8,4	≈ 0,8	< 0,2
3	9,5	12,3	≈ 3,2	≈ 2,2

### 2.4 Brucheinschnürung

Die Brucheinschnürung  $\psi$  wird nach der Formel

$$\psi = \frac{F_0 - F_B}{F_0} \cdot 100$$

( $F_B$  = Bruchquerschnitt in mm<sup>2</sup>)

ermittelt. Man kann auch mit den Durchmesserwerten  $d_0$  und  $d_B$  nach der bekannten Ableitung arbeiten. Dann ist

$$\psi = \left[ 1 - \left( \frac{d_B}{d_0} \right)^2 \right] \cdot 100.$$

Um den Prüfablauf auch hier wie bei der Dehnungsmessung zu beschleunigen, wurde eine Rechenscheibe zur Ermittlung der Brucheinschnürung an Rund-, Vierkant- und Sechskantzerreißenproben in dem Abmessungsbereich von 3 bis 32 mm entwickelt.

Es ist dabei notwendig,  $d_B$  und  $d_0$  auf den Kreisskalen übereinanderzustellen, um dann in Pfeilrichtung auf der Skala des Kreises sofort die Brucheinschnürung  $\psi$  mit ausreichender Genauigkeit abzulesen. Die Zeitersparnis gegenüber der üblichen Methode beträgt rd. 90%.

### 2.5 Benennung

Abschließend soll noch erwähnt werden, daß im In- und Ausland keine einheitliche Benennung der am meisten vorkommenden typischen Brucharten besteht. Das gilt nicht nur für den Zugversuch, sondern auch für Kerbschlagbiegeversuche, Fallversuche, Bruchproben usw. Eine gegenseitige Abstimmung in der Durchführung verschiedener Prüfmethode würde innerhalb der VVB sicher eine Erleichterung bei der Prüfarbeit bringen.

### Zusammenfassung

Für den Zugversuch nach DIN 50146 werden wichtige Einflußgrößen und Fehlerquellen sowie die Möglichkeiten zu ihrer Abstellung behandelt. Auf verschiedene Hilfsmittel, die den Prüfablauf verbessern und verkürzen können, wird hingewiesen. Weiterhin wird innerhalb der VVB eine gemeinsame Erarbeitung einheitlicher Auffassungen über verschiedene Prüf- und Auswertungsmethoden angeregt.

Flu 186

Ing. H.-K. LEPITRÉ

## Das tschechoslowakische Kurz- und Mittelstrecken- Verkehrsflugzeug Avia II 14-32

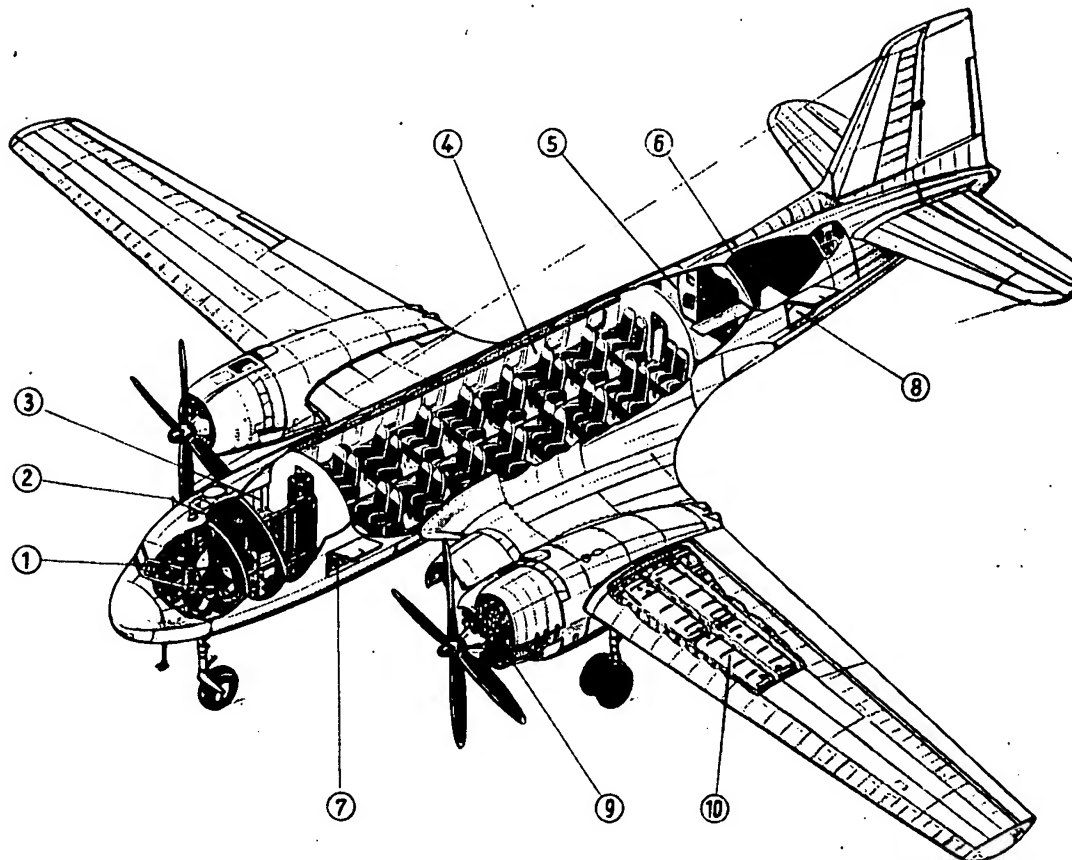
DK 020.138.5 (437)  
020.135 Avia II 14-32

Bild 1. Tschechoslowakisches Kurz- und Mittelstrecken-Verkehrsflugzeug Avia II 14-32 für 32 Fluggäste

- 1 Flugzeugführerkabine
- 2 Funker und Funkausrüstung
- 3 Anrichte
- 4 Kabine für 32 Fluggäste
- 5 Garderobe

- 6 Toilette
- 7 Ladeluke zum vorderen Gepäckraum
- 8 Ladeluke zum hinteren Gepäckraum
- 9 Vierzehn-Zylinder-Doppelsternmotor ASch-82T
- 10 Kraftstoffbehälter

### Vergleichende Kenndaten der Avia II 14-32 (32 Sitze) und der II 14 P (26 Sitze)

	Avia II 14-32	II 14 P
Spannweite m	31,7	31,7
Länge m	22,3	21,3
Höhe m	7,9	7,9
Tragflächeninhalt m <sup>2</sup>	100,0	100,0
Rüstgewicht kg	12500	12100
Gesamtlast kg	5000	4400
Fluggewicht kg	17500	16500
Tragflächenbelastung kg/m <sup>2</sup>	175,0	165,0
Leistungsbelastung kg/PS	4,61	4,34
Reisegeschwindigkeit km/h	340	320
Startrollstrecke m	500	470
Startstrecke auf 25 m Höhe m	1085	1020
Landerollstrecke m	445	430
Landestrecke aus 25 m Höhe m	875	860
Einsatzflugstrecke ohne Reserve km	1200	1500

Zu den häufigsten im internationalen Luftverkehr eingesetzten Kurz- und Mittelstrecken-Verkehrsflugzeugen zählt die sowjetische Iljuschin Il-14.

Ursprünglich für die Beförderung von 18 Fluggästen und deren Gepäck ausgelegt, wurde sie in den letzten Jahren laufend verbessert und vervollkommen und dürfte heute hinsichtlich Flugsicherheit ein vorläufiges Optimum darstellen. In erster Linie aber wurde die Wirtschaftlichkeit durch Vergrößerung des Sitzplatzangebots erhöht. So rüstete der VEB Flugzeugwerke Dresden die in eigener Verantwortlichkeit nachgebaute II 14 P an Stelle der bisherigen 18 Sitze mit 26 Sitzen aus.

Den gleichen Schritt gingen die tschechoslowakischen Avia-Flugzeugwerke in Letnany. Die dort gebaute II 14 P wurde mit 22 bis 24 Sitzen ausgestattet, wobei das Abfluggewicht von 16500 kg auf 17250 kg erhöht werden konnte.

Gleichzeitig wurde eine weitere Version, die II 14 M, durch Verlängerung des Rumpfes um ein Meter vor dem Tragflügel geschaffen.

Die Anrichte wurde aus dem Rumpfvorderteil nach hinten verlegt und der Gepäckraum vergrößert. Somit konnten insgesamt 24 Sitze in 6 Reihen zu je vier Sitzen eingebaut werden.

Auf der vorjährigen III. Maschinenbauausstellung der Tschechoslowakischen Republik in Brno wurde schließlich eine weitere Version, die Avia 1114-32, erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Die Avia 1114-32 unterscheidet sich in seinen äußeren Abmessungen nicht vom Vorgängermuster 1114 M. Grundsätzliche Änderungen wurden aber in der Innenausstattung vorgenommen. Die Fluggastkabine wurde um 2 Meter verlängert und mit 32 Sitzen in acht Viererreihen ausgestattet. Gleichzeitig mußte der Gepäckraum um einen Meter vorverlegt und die gesamte Funkausrüstung mit im Navigatorraum untergebracht werden. Da die Avia 1114-32 hauptsächlich auf kurzen Strecken und im Inlandluftverkehr der Tschechoslowakischen Republik zum Einsatz gelangen soll, konnte die Besatzung auf drei Mitglieder reduziert werden: den 1. und den 2. Flugzeugführer sowie den Funker, der die

hauptsächlichen Aufgaben des Navigators mit übernimmt. Durch eine Verstärkung der Tragflügelkonstruktion konnte das Abfluggewicht um weitere 250 kg auf nunmehr 17 500 kg erhöht werden.

Zum Antrieb werden wie bei allen anderen Versionen zwei der bewährten sowjetischen luftgekühlten Vierzehn-Zylinder-Doppelsternmotoren ASch-82 T von je 1900 PS Startleistung verwendet.

Den Konstrukteuren der tschechoslowakischen Avia-Flugzeugwerke ist es also gelungen, die Nutzlast der 1114 durch Erhöhung der Sitzplatzkapazität auf 32 Sitze um etwa 75% zu erhöhen, wobei allerdings die Start- und Landestrecken geringfügig anstiegen und die Reichweite um etwa 20% abfiel.

Flu 224

## Patentschutz in der volkseigenen Wirtschaft<sup>1)</sup>

Findet jemand bei seinem Streben nach wirtschaftlicheren Arbeitsmethoden oder in ähnlicher Richtung eine technische Lösung, von der anzunehmen ist, daß sie neu ist, also erstmalig und volkswirtschaftlich bedeutsam, so wird er sich die Frage vorlegen, ob hierfür ein Patentschutz von Vorteil wäre. Bei der Ausarbeitung einer Patentanmeldung soll sich der Erfinder, wenn er auf patentrechtlichem Gebiet noch keine Erfahrungen besitzt, der Mitwirkung eines Patentfachmanns versichern. Angehörige eines volkseigenen Betriebs werden zweckmäßigerweise vom Patentbearbeiter des betrieblichen BfE oder der Patentabteilung betreut.

Ein formgerechter Anmeldeschriftsatz besteht aus der Beschreibung der Erfindung und ein oder mehreren Schutzansprüchen. In der Einleitung der Beschreibung wird zunächst der derzeitige Stand der Technik kurz geschildert. Anschließend wird die eigene Erfindung so ausführlich wie nur möglich und klar beschrieben, d. h. die Aufgabe, die sich der Erfinder gestellt hat, muß eindeutig umrissen werden. Im Anschluß daran wird der Weg zur Lösung der Aufgabe genau geschildert, indem u. a. die Mittel hierzu angegeben werden; evtl. kann noch die Wirkungsweise der Neuerung beschrieben werden. Eine Zeichnung führt oft zum Verständnis eines Ausführungsbeispiels. Beschreibung und Patentzeichnung sollen übereinstimmend die Erfindung dem Leser erläutern. Vor allem bei Patentanmeldungen, die eine Vorrichtung, eine Einrichtung, eine Anordnung od. dgl. zum Gegenstand haben, ist eine Patentzeichnung notwendig, dagegen meist nicht, wenn es sich um ein Schutzbegehren für ein Arbeitsverfahren handelt, also um Arbeitsvorgänge bzw. Verfahrensschritte, wie sie insbesondere in der chemischen Industrie vorkommen. Am Schluß des Anmeldeschriftsatzes, d. h. der Beschreibung, wird der Schutzanspruch formuliert. Dem Hauptanspruch werden oft Unteransprüche angefügt, die eine Weiterausbildung des Erfindungsgedankens zum Gegenstand haben. Im Schutzanspruch muß konkret und prägnant das Neuheitsmerkmal herausgestellt werden. Hier heißt es mit etwas Findigkeit und Überlegung vorgehen, damit der Anspruch nicht zu eng gefaßt wird, weil sonst die Gefahr besteht, daß andere leicht aus dem Schutzbereich herauskommen. Es darf aber auch kein zu weitgehender Patentanspruch formuliert werden, da dann eine Überschneidung mit etwa bereits vorhandenen und somit bekannten Lösungen zu befürchten ist.

<sup>1)</sup> Nachdruck aus: „Der Industriebetrieb“ H. 5 (1958) VEB Verlag Technik, Berlin.

Der zweifach auszufertigende Anmeldeschriftsatz, dem noch einige Formblätter beigegeben werden müssen, z. B. die eidesstattliche Erklärung des Erfinders, daß er diese Erfindung allein und selbst geschaffen hat, wird als Einschreibebrief an das Amt für Erfindungs- und Patentwesen, Berlin W 8, Mohrenstr. 37b, gesandt.

Auf die dem Patentamt eingereichte formgerechte Patentanmeldung erhält der Anmelder bzw. Erfinder sofort nach Eingang eine Empfangsbestätigung mit der Aufforderung zur fristgerechten Einzahlung der Anmeldegebühr in Höhe von 10,— DM bei einer Wirtschaftspatentanmeldung und 25,— DM bei einer Ausschließungs-Patentanmeldung. Nach einer gewissen Zeit folgt ein Bescheid des Patentamts, aus dem das Ergebnis der amtlichen Prüfung hervorgeht. Gewöhnlich wird der Prüfer des Patentamts dem Anmelder Literatur entgegenhalten, derzufolge bereits gleiche oder ähnliche Dinge bekannt sind. Es liegt dann am Anmelder, sich zu dem vorbekannten Material zu äußern. Für diese Stellungnahme wird eine Frist gesetzt, innerhalb deren eine Erwiderung des Anmelders beim Patentamt eintreffen muß.

Im Verlauf der weiteren Prüfung bzw. des zwischen Anmelder und Patentamt geführten Schriftwechsel (oder einer mündlichen Aussprache) kommt es entweder zu einem Ablehnungsbescheid, mit dem ein Patent versagt wird, oder es wird ein Erteilungsbeschluß gefaßt. In diesem Falle ist die Erteilungsgebühr in Höhe von 10,— DM einzuzahlen, auf Grund dessen dem Anmelder eine Patenturkunde über das erworbene Schutzrecht ausgehändigt wird, mit der er jederzeit nachweisen kann, daß er sowohl auf das Patent als auch aus dem Patent einen Rechtsanspruch besitzt.

Ein Patent wird auf die Dauer von 18 Jahren erteilt, solange die Jahr um Jahr fälligen Verlängerungsgebühren pünktlich entrichtet werden. In diesem Zusammenhang sei zur Höhe der amtlichen Gebühren (Anmelde-, Erteilungs- und Jahresgebühren) bemerkt, daß diese bei Wirtschaftspatenten niedriger sind als bei sogenannten Ausschließungspatenten. Wirtschaftspatente werden erteilt auf alle Erfindungen, die aus der volkseigenen Wirtschaft kommen. Ausschließungspatente auf solche aus der Privatwirtschaft. Jahresgebühren werden mit dem dritten Patentjahr fällig: sie betragen bei einem Wirtschaftspatent 15,— DM und bei einem Ausschließungspatent 30,— DM, im fünften Patentjahr 25,— DM bzw. 50,— DM u. s. f. Da der Wirkungsbereich eines Patents sich nur auf das Staatsgebiet erstreckt, in dem es erteilt wurde, ist zu überlegen, ob für

wichtige Neuerungen auch Auslandspatente erworben werden sollen, um sich vor Nachbau durch unbefugte Dritte zu schützen. Dies gilt besonders für die Länder, wo gute Absatzmöglichkeiten für die patentierte Neuerung bestehen.

**Was ist eine Erfindung im Sinne des Patentgesetzes?**

Es muß eine technische Erfindung sein, also eine solche, die mit den Mitteln der Natur arbeitet, auf sie einwirkt, um zunächst und unmittelbar einen auf dem Gebiet der Technik liegenden Erfolg zu erzielen. Eine Erfindung kann sowohl eine neue technische Aufgabe mit neuen oder bekannten Mitteln als auch eine bekannte technische Aufgabe mit neuen Mitteln lösen. Eine Erfindung braucht nicht immer eine bahnbrechende Neuerung zu sein; sie muß aber einige unverzichtbare Merkmale aufweisen und zwar soll sie 1. neu sein, 2. einen technischen Fortschritt bringen, 3. ausreichende Erfindungshöhe besitzen und 4. gewerblich verwertbar sein.

Eine Erfindung gilt nach dem Patentgesetz nicht als neu, wenn sie zur Zeit der Anmeldung in öffentlichen Druckschriften (Fachbüchern, Zeitschriften, Katalogen, Patentschriften u. dgl.) aus den letzten hundert Jahren bereits beschrieben worden ist oder wenn sie anderweitig durch das Patentamt bekannt gemacht oder im Inland bereits so offenkundig benutzt worden ist, daß danach die Benutzung durch andere Sachverständige erfolgen kann.

Greift jemand einen Erfindungsgedanken auf, hat er sich also etwas ausgedacht, das ihm neu und besonders vorteilhaft erscheint, so wird er sich über den bisherigen Stand der Technik auf diesem speziellen Gebiet informieren, insbesondere

durch Studium der einschlägigen Fachliteratur, von Fachzeitschriften usw. Ohne Kenntnis dessen, was jemand schon vordem in ähnlicher oder gar gleicher Weise erdacht bzw. erfunden hat, besitzt kein Erfinder für seine schöpferische Tätigkeit festen Boden unter den Füßen. Am schnellsten und zuverlässigsten ist der Stand der Technik in der einschlägigen Patendliteratur zu ermitteln. Die beste Möglichkeit hierzu bietet eine Durchsicht der Patentschriften, die, falls der Betrieb über kein Patentarchiv verfügt, in dem für ihn zuständigen Leitbüro für Erfindungswesen eingesehen werden können. Im Lesesaal des Patentamts liegen die Patentschriften aller bis in die neueste Zeit erteilten Patente, und zwar auch ausländische, zur Einsichtnahme aus. Man kann von den Patentschriften gegebenenfalls im Patentamt Fotokopien anfertigen lassen.

Eine Recherche nach einschlägigen Patenten wird dadurch erleichtert, daß im Patentwesen das gesamte Gebiet der Technik klassifiziert ist.

Zum Schluß noch ein Hinweis darauf, daß in unserer Deutschen Demokratischen Republik der Schutz von Erfindungen in zwei Gesetzen geregelt worden ist: im Patentgesetz vom 6. September 1950 und im Gebrauchsmustergesetz vom 18. Januar 1956. Beide Gesetze bringen die Interessen des Erfinders mit denen der Gesellschaft in Einklang, denn die Förderung aller erfinderischen Kräfte und ihrer Auswertung für den gesellschaftlichen Fortschritt tragen entscheidend zur Hebung unseres Lebensstandards bei und damit zur Festigung unserer Gesellschaftsordnung. Flu 247 A E. Krausse, Dresden

## Sie fragen – Wir antworten

Unsere Zeitschrift reicht umfangsmäßig nicht aus, um die vielfältigen Probleme der Flugtechnik in grundsätzlichen Abhandlungen unseren Lesern vorzustellen. Es soll deshalb unter obiger Rubrik eine Schnellinformation erfolgen, wobei der Leser die Möglichkeit besitzt, Fragen zu stellen, um deren Lösung sich die Redaktion bemühen wird. Wir hoffen, daß auch diese inhaltliche Bereicherung Anklang findet. Zur Fragestellung ist jeder Leser aufgefordert.

Die Redaktion

### Wie wird ein Geschwindigkeitsrekord bei Flugzeugen gemessen?

H. R. Dresden

Die Bedingungen zur Anerkennung eines Rekords sind international festgelegt. Bei einem Weltrekord der Geschwindigkeit muß in vorgeschriebener Höhe das Flugzeug dreimal eine drei Kilometer lange Meßstrecke durchfliegen. Die erzielte Durchschnittsgeschwindigkeit ist der für eine Anerkennung maßgebende Wert. Der erste offiziell verzeichnete Rekord wurde von dem Franzosen Santos-Dumont 1906 aufgestellt und lautete auf 41 km/h. Die Brüder Wright sollen sekundenlang sogar 1903 bereits 50 km/h Geschwindigkeit erreicht haben.

### Wieviel PS leistete der erste Flugzeugmotor und im Vergleich dazu die erste Lokomotive?

F. K. Schleuditz

Bekanntlich leistet der 1 PS, der 75 kg in einer Sekunde einen Meter hoch hebt. Der Lokführer, der von Nürnberg nach Fürth

in „atemberaubender Schnelligkeit“ den Zug lenkte, herrschte über zehn PS. 50 PS ist in der amtlichen Geschwindigkeitsrekordliste für Flugzeuge als erste gemessene Größe angegeben. Die Schubkraft der sowjetischen Weltraumraketen beträgt dagegen in PS berechnet etwa 3,2 Millionen.

### Was bedeutet Mach?

R. U. Ludwig-felde

Diese neue Dimension beruht auf einer Beziehung der Flugzeuggeschwindigkeit zur Geschwindigkeit, in der sich Schallwellen in der Luft fortbewegen (etwa 1200 km/h). Da aber Bruch und Temperatur der Luft beeinflussen, ist die Schallgeschwindigkeit eine veränderliche Größe. Man darf also Mach 2 nicht ohne weiteres mit 2400 km/h gleichsetzen.

### Was versteht man unter einer Linienböe?

K. G. Cottbus

Von einer Linienböe spricht man, wenn Böen auf breiter Front vordringen. Sie entstehen, wenn eine Warmluftmasse durch Kaltluft verdrängt wird.

Folgende meteorologische Erscheinungen können in diesem Zusammenhang noch genannt werden: Plötzliche oder sehr rasche Änderung der Windrichtung, schwere Regenfälle, Gewitter, starker Anstieg des Luftdrucks, plötzlicher Temperaturabfall, heftige Aufwinde. Als sichtbares Merkmal erscheint weiterhin oft eine dunkle, langgestreckte Wolke, die relativ tief liegt.



# WELTLUFTFAHRT

DK 629.18 (100):008

## Flugzeuge

● Beeindruckt durch die Erfolge sowjetischer Konstrukteure und Wissenschaftler bei der Entwicklung eines durch Atomenergie angetriebenen Flugzeugs, erklärte der amerikanische Verteidigungsminister, daß die USA nicht die Absicht haben, der Sowjetunion beim Bau von atomgetriebenen Flugzeugen vorzuzukommen.

● Das sowjetische zweimotorige STOL-Zubringertransportflugzeug Antonow An-14 „Bienenchen“ wird nunmehr im Serienbau hergestellt.

● Die Il-18 legte beim Flug Moskau – Irkutsk – Petropawlowsk (Kamtschatka) – Station Nordpol – Tiksi – Moskau 18000 km in 27 Stunden 34 Minuten zurück. Es wurde eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 650 km/h erzielt. Der Abschnitt Moskau – Irkutsk wurde in 6 Stunden 48 Minuten durchflogen. Bisher vermochte kein auf dieser Strecke fliegendes Verkehrsflugzeug diese Entfernung ohne Zwischenlandung zurückzulegen. Bei minus 58° C in 8000 m Höhe war in der Kabine eine Temperatur von plus 18 bis 20° C festzustellen. Das Flugzeug wurde von dem bekannten Werkpiloten und zweifachen „Helden der Sowjetunion“ W. K. Kokkinaki geflogen.

● Eine Tu-104 A der tschechoslowakischen Luftverkehrsgesellschaft CSA legte bei einem Probeflug, der der Vorbereitung eines planmäßigen Linienverkehrs diente, die Strecke Prag – Brüssel in 65 Minuten zurück. Die bisher auf dieser Strecke eingesetzte I-14 benötigte zwei Stunden und 50 Minuten Flugzeit.

## Luftschniffe

● Eine Kommission deutscher Zeppelin-Fachleute untersucht gegenwärtig die technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten eines künftigen Luftschniffverkehrs über den Atlantik. Demzufolge könne eine Weiterentwicklung des 1939 konstruierten LZ 131 mit 300000 cbm Gasinhalt unter Berücksichtigung der inzwischen erzielten Fortschritte in der Luftfahrttechnik ungewöhnlich wirtschaftlich eingesetzt werden. Seine Rentabilitätsgrenze werde im Passagierverkehr bei einer Auslastung von 35 Prozent und im Frachtdienst sogar bei 29 Prozent liegen. Mit einer Geschwindigkeit von 150 bis 160 km/h könne das Luftschniff 200 Passagiere oder 70 t Fracht befördern.

● Ein kleines Luftschniff von 55 m Länge und 14 m Durchmesser wird gegenwärtig im früheren Luftschniffwerk Friedrichshafen gebaut.

## Luftverkehr

● Ein Interline-Abkommen schloß die Deutsche Lufthansa mit der finnischen Luftverkehrs-Gesellschaft Aero O/Y Finnair ab. Das Abkommen wird sich auf die Geschäftsbeziehungen zwischen der DDR und Finnland im Hinblick auf die Ausstellung und Anerkennung von Transportdokumenten sowie die Verrechnung der Transportkosten nützlich auswirken. Die Finnair verfügt über ein ausgedehntes Inland-Flugnetz mit 14 Flughäfen.

● Im internationalen Luftverkehr werden neuerdings außer Stewardessen auch Stewards beschäftigt. Bei der Deutschen Lufthansa nahm kürzlich Udo Kläm als erster seinen Dienst auf. Die tschechoslowakische Gesellschaft CSA verfügt bereits über neun Stewards.

● Einen weiteren Ausbau des Inland- und Auslandflugnetzes plant Aeroflot in nächster Zeit. Dabei ist der Einsatz von Großraumhubschraubern in unwegsamen und gebirgigen Gegenden in Aussicht genommen worden.

● Die sowjetische Luftverkehrsgesellschaft Aeroflot beförderte 1957 um 67 Prozent Fluggäste mehr als 1956.

● Die polnische Luftverkehrsgesellschaft LOT fliegt jetzt auch London im Direktflug an.

● Krisenerscheinungen machen sich nunmehr auch im Luftverkehr der westlichen Welt stark bemerkbar. So schloß das letzte Geschäftsjahr der KLM mit einem Verlust von etwa 22 Millionen holländischen Gulden ab. Auch der Binnenluftverkehr der British European Airways wies im Geschäftsjahr 1956/57 ein Defizit von 1,37 Millionen Dollar aus. Demzufolge sind im Binnenluftverkehr Englands etwa um zehn Prozent erhöhte Flugpreise zu erwarten. In Fachkreisen rechnet man mit der Erhöhung weiterer inhereuropäischer Flugraten. Auch der Verkehr über den Nordatlantik dürfte davon in Mitleidenschaft gezogen werden.

● Demgegenüber ist in der Sowjetunion in den nächsten Jahren eine stufenweise Herabsetzung der Flugtarife auf die Höhe der Eisenbahnpreise beabsichtigt. Dies werde durch den Einsatz wirtschaftlicher Großflugzeuge wie Tu-104, Tu-104 A, Tu-114 und Il-18 möglich, erklärte der Leiter der Luftverkehrsgesellschaft Aeroflot, Marschall Shigarew.

● Der Luftverkehr über den Atlantik verdrängt den Schiffsverkehr immer mehr. Nach Ziffern der IATA betrug die Zahl der Nordatlantikapassagiere im Jahre 1957 mit 1023000 zum ersten Male mehr als eine Million. Im gleichen Zeitraum überquerten 1030000 Fahrgäste mit dem Schiff den Ozean. Damit liegen die Zahlen der Benutzer von Flugzeug und Schiff auf dieser Route zum ersten Male gleich.

● Auf den 3500 Zivilflughäfen der ganzen Welt startet oder landet alle fünf Sekunden ein Zivilflugzeug.

## Verschiedenes

● Die Hauptabteilung der zivilen Luftfahrt im Ministerium für Verkehrswesen und die Prüfstelle für Luftfahrtgeräte der Deutschen Demokratischen Republik geben seit kurzem das Bekanntmachungsblatt „Nachrichten für die zivile Luftfahrt“ heraus. Es dient zur Anleitung und Information aller Mitarbeiter der zivilen Luftfahrt und anderer Interessenten. Seit 1. Juli 1958 hat der Postzeitungsvertrieb die Lieferung übernommen. Vorher erschienene Hefte können durch die Hauptabteilung für zivile Luftfahrt bezogen werden.



● In Westdeutschland wurde ein Speziessmierzmittel unter der Bezeichnung „Molykote“ BR2 entwickelt, das aus pulverisiertem Molybdändisulfid und einem Fett auf Lithiumbasis besteht und bei Temperaturen von  $-35$  bis  $+120^{\circ}\text{C}$  und Lagerdrücken bis zu  $20000\text{ kg/cm}^2$  anwendbar ist. Ein weiteres Schmiermittel, das mit „Molykote Arktis“ bezeichnet wird und eine ähnliche Zusammensetzung aufweist, soll bis  $-70^{\circ}\text{C}$  wirksam sein. (Siehe auch „Deutsche Flugtechnik“ 1957, 5/6, S. 86 „Molybdändisulfid ( $\text{MoS}_2$ ) als Schmiermittel.“)

● Nur unter größten finanziellen Schwierigkeiten kann sich der Aufbau der Luftfahrtforschung in der Bundesrepublik vollziehen. Nach einer Bedarfsrechnung des Präsidialrates der Luftfahrtforschungsanstalten sind für die Jahre 1958 bis 1960 Aufbaumittel in Höhe von 120 Millionen DM erforderlich. Es ist jedoch äußerst fraglich, ob diese Mittel überhaupt aufgebracht werden können. Demgegenüber verfügt das Bundesverteidigungs-Ministerium für die wehrtechnische Forschung über 50 Millionen DM und für wehrtechnische Entwicklung über 217 Millionen DM. „In der Luftfahrtforschung ist“, so schreibt das „Düsseldorfer Handelsblatt“ vom 2. April 1958, „im Jahre 1957 bedauerlicherweise ein Stillstand im Aufbau eingetreten. Dagegen ist“, so schreibt das Blatt weiter, „in der Ostzone die große Bedeutung der Förderung der Luftfahrtforschung erkannt worden. Hier wird ein wissenschaft-

liches und technisches Potential aufgebaut, welches der Sowjetzone in Zukunft die führende Stellung in Deutschland sicherstellen soll.“

#### Sport und Rekorde

● Die Fédération Aéronautique Internationale hat die elf von einer sowjetischen Tu-104 A im vergangenen Jahre aufgestellten internationalen Klassenrekorde anerkannt und dazu weitere Einzelheiten bekanntgegeben. Das Rekordflugzeug mit dem Kennzeichen CCCP-L 5421 war mit zwei TL-Triebwerken vom Typ RD-3 von je 8700 kp Schub ausgerüstet. Die Besatzung bestand aus fünf Personen.

Beim ersten Flug wurden mit 20055 kg Nutzlast und 11 221 Meter Höhe zwei Weltrekorde aufgestellt.

Der zweite Flug führte mit einer Nutzlast von 2000 kg über eine geschlossene Rundstrecke von 2002,6 km. Dabei wurden vier Weltrekorde aufgestellt.

Fünf weitere Weltrekorde wurden über 1000 km Strecke mit 10000 kg Nutzlast bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 970,82 km/h erfliegen.

● Die diesjährigen Weltmeisterschaften der Fallschirmspringer, die vom tschechoslowakischen Aero Club ausgerichtet werden, finden in der Zeit vom 1. bis 16. August in Bratislava statt.

## Buchbesprechungen

### Bedeutung des Flugzeugs und Flugzeugbaus in unserer Zeit

Von Dipl.-Ing. oec. P. Hehl und Dipl.-Ing. oec. H. Wintruff, aus der Reihe: Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung, als Manuskript gedruckt 1958, 75 Blatt, 40 Bilder und 2 Tafeln, DIN A 4, 4,20 DM.

Im ersten Teil wird die Entstehungsgeschichte des Flugwesens und des Flugzeugbaus sowie deren Entwicklung bis in die jüngste Vergangenheit behandelt. Ausführlich wird auch auf die Notwendigkeit, Bedeutung und Aufgaben der Luftfahrtindustrie in der Deutschen Demokratischen Republik eingegangen.

Der zweite Teil führt in die technischen und ökonomischen Ausgangsfaktoren des Flugzeugbaus ein. Es wird hierbei in leichtverständlicher Weise die Bedeutung u. a. der Reichweite, Nutzlast, Reisegeschwindigkeit, Transportarbeit und -leistung, Betriebskosten, Bequemlichkeiten für die Fluggäste sowie der Sicherheitsforderungen dargestellt.

In einem kurzen letzten Teil wird ein Überblick über den technischen Ablauf der Entwicklung und des Baus eines neuen Flugzeugtyps gegeben, ausgehend vom Projekt bis zur Großserie.

Die in erster Linie zur Information für Dozenten, Lehrer und Ausbilder bestimmte Schrift kann auch zur Weiterbildung anderer Mitarbeiter der Luftfahrtindustrie dienen.

Bestell-Nr. ZLL D 14.00-59, möglichst Sammelbestellungen an die Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel, Archiv, Dresden N 2, Postfach 40.

Flu B 255/1

### Magnesium und seine Legierungen

Von Dipl.-Gwl. R. Küster, aus der Reihe: Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung, als Manuskript gedruckt 1958, 84 Blatt, 65 Bilder, DIN A 4, 3,40 DM.

Die wichtigsten Daten der Entstehungsgeschichte des Magnesiums sowie Vorkommen der Rohstoffe werden erwähnt und die Gewinnung des Reinelements auf elektrolytischem und thermischem Weg erläutert. Der erste Abschnitt enthält weiter viele Angaben und Erläuterungen zu den Eigenschaften des Reinelements und die Verwendung des Werkstoffes.

Im zweiten Abschnitt werden die Magnesium-Legierungen behandelt, wobei ihre Bedeutung für den Flugzeugbau besonders

berücksichtigt wird. Der Einfluß der Legierungselemente in klassischen und neueren Legierungen, besonders der in den neuen Legierungen enthaltenen Hauptelemente Zr, Zn, Cd und Th, wird beschrieben. Die physikalischen und mechanischen Eigenschaften, das chemische Verhalten, die Korrosion und der Oberflächenschutz werden ausführlich und anhand vieler Bilder, Diagramme und Tafeln erläutert. Der Abschnitt „Bearbeitung von Magnesium-Werkstoffen“ enthält Angaben über die Behandlung beim Transport, bei der Lagerung und Bearbeitung und ausführlicher die Formgebung durch Gießen, die Wärmebehandlung, die spanlose und spanende Formung und die Verbindungsverfahren Schweißen und Nieten. Abschließend erfolgen Hinweise auf die Verwendung von Mg-Legierungen.

Bestell-Nr. ZLL D 3.03.30/40, möglichst Sammelbestellungen an die Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel, Archiv, Dresden N 2, Postfach 40.

Flu B 255/4

### Das Strahltriebwerk als Flugzeugantrieb

Von Prof. Dr. G. Cordes, Vortrag Nr. 2 aus der Vortragsreihe der Kammer der Technik: Einführung in Probleme des Flugzeug- und Triebwerkbaus, als Manuskript gedruckt 1958, 41 Seiten, 25 Bilder, DIN A 4, 2,65 DM.

Nach einer kurzen geschichtlichen Einführung wird ein Überblick über die Bedeutung der Strahltriebwerke für die heutige Luftfahrt, über die thermodynamischen Grundlagen dieser Antriebe, deren Einordnung in die Reihe der obigen Triebwerke, über die in den Strahltriebwerken noch steckenden Entwicklungsmöglichkeiten und die zu ihrer Verwirklichung notwendigen Arbeiten gegeben.

Durch diesen Vortrag kann in weiteren Kreisen der Technik Interesse für ein Arbeitsgebiet geweckt werden, das für die meisten Techniker abseits ihrer eigenen Tätigkeit liegt, aber von außerordentlicher Aktualität ist. In diesem Sinne ist die Schrift wertvoll für alle Flugzeugbauer und Interessenten der Luftfahrtindustrie.

Bestellungen nimmt das Technische Kabinett des VEB Flugzeugwerke, Dresden-Notzke, Haus 27, Zi. 143, entgegen. Die Vortragsreihe wird fortgesetzt.

Flu B 255/2

## **Internationale Zeitschriftenschau**

### **Aero Revue (Schweiz)**

*Nägele und Eppler:* Kunststoffseglflugzeug FS 24 Phönix.

H. 3 (1958) S. 140 bis 143.

### **Aircraft Production (England)**

*Watts:* Luftesträufe, Entwurfs- und Fertigungsprobleme an der Lockheed F-104.

H. 4 (1958) S. 141 bis 147.

### **Aviation Week (USA)**

*Klass:* Titan-Luftfahrtgeräte arbeiten zuverlässig und genau.

Vom 12. Mai 1958. S. 92 bis 103.

### **Flügel der Heimat**

Flugzeugentwürfe am Institut für Flugzeugkonstruktion der Technischen Hochschule Dresden.

H. 1 (1958) S. 13 bis 14 und 30 bis 31.

### **Flugwelt**

*Maxam:* Das Mittelstreckenverkehrsflugzeug Boeing 720.

H. 4 (1958) S. 228 bis 230.

### **Flight and Aircraft Engineer (England)**

Der neue Blackburn Überschall-Windkanal.

Vom 4. April 1958. S. 446.

### **Grazdanskaja Aviacija (Sowjetunion)**

Turboprop-Verkehrsflugzeug IL 18.

H. 3 (1958) S. 16 bis 22.

*Karmanova und Beremson:* Die Korrosionsverhütung an der Flugzeugaußenseite.

H. 3 (1958) S. 23.

*Culakov:* Die Weiterentwicklung der sowjetischen Zivilluftfahrt durch Einführung moderner Hilfsmittel.

H. 3 (1958) S. 36 bis 38.

### **Interavia (Schweiz)**

Kleines Wörterbuch der funktechnischen Flugnavigation und Flugsicherung.

H. 5 S. 411 bis 416.

### **Krylja Rodiny (Sowjetunion)**

*Kapreljan:* Rekorde mit dem Hubschrauber Mi - 6.

H. 1 (1958) S. 8 bis 9.

*Turjan:* Schichtkonstruktionen im Flugzeugbau.

H. 1 (1958) S. 30.

*Bogdanov und Stepanov:* Die Tu - 114.

H. 3 (1958) S. 16 bis 17.

*Turjan:* Sport- und Übungsflugzeuge mit Strahltriebwerken.

H. 3 (1958) S. 29 bis 30.

### **Kridla vlasti (Tschechoslovakei)**

*Nemècek:* Praga nach zehn Jahren.

Vom 1. April 1958. S. 13.

### **L'air (Frankreich)**

*Saladin:* Der erste Motorflug.

H. 733 vom März 1958. S. 17 bis 18.

### **Les Ailes (Frankreich)**

Das zweistrahlige Geschäftsreiseflugzeug „Méditerranée“.

Vom 12. April 1958. S. 8.

### **Luftfahrttechnik**

*Zeilinger:* Meßeinrichtungen für den Flugversuch.

H. 4 (1958) S. 112 bis 116.

*Zeilinger:* Ein Bewegungsrechner als Übungsgerät für Lotrecht-, Start- und Landevorgänge.

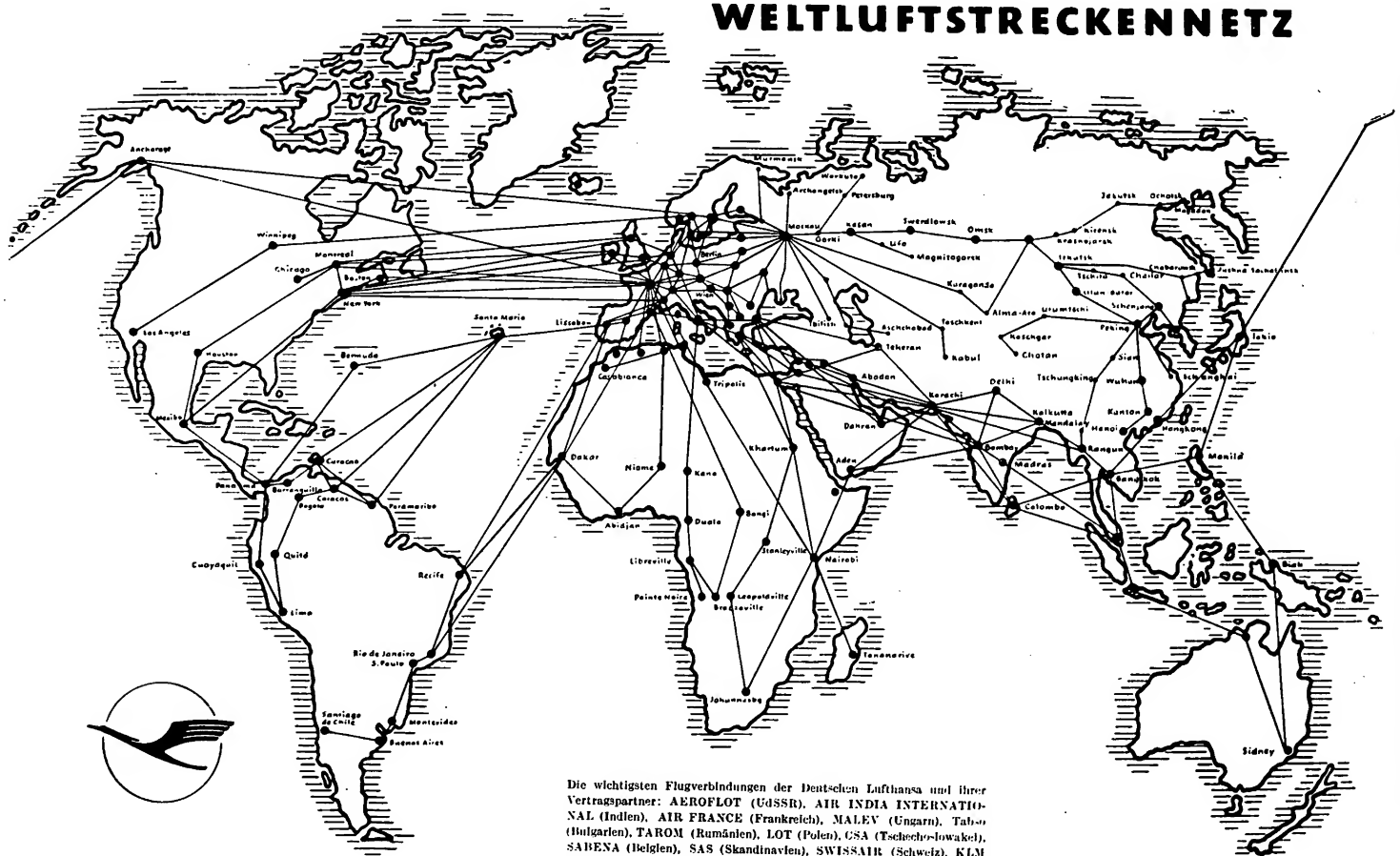
H. 4 (1958) S. 116 bis 117.

### **The Aeroplane**

*Brooks:* Ein Flug mit dem Strahlverkehrsflugzeug Tu-104 A.

Vom 4. April 1958. S. 480 bis 482.

# WELTLUFTSTRECKENNETZ



Die wichtigsten Flugverbindungen der Deutschen Lufthansa und ihrer Vertragspartner: AEROFLOT (UdSSR), AIR INDIA INTERNATIONAL (Indien), AIR FRANCE (Frankreich), MALEV (Ungarn), TABATA (Bulgarien), TAROM (Rumänien), LOT (Polen), CSA (Tschechoslowakei), SABENA (Belgien), SAS (Skandinavien), SWISSAIR (Schweiz), KLM (Niederlande), JAT (Jugoslawien), Finnair OY (Finnland) mit über 1,5 Mill. km Flugstrecken in alle Welt. (Stand Mai 1958)